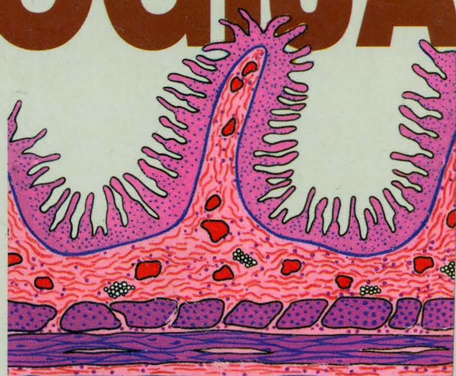
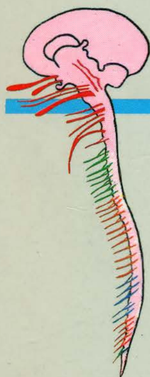
ILIUSTRUOTAS ŽINYNAS

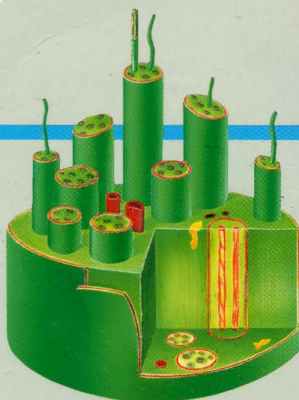
FIZIOLOGIJA

ŽMOGUS

ORGANAI
IR FUNKCIJOS



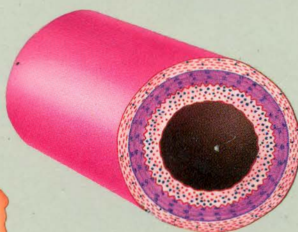


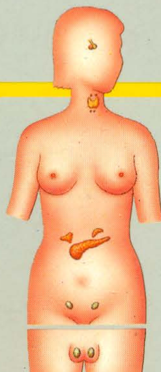


NERVŲ
SISTEMA

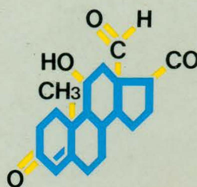
KRAUJOTAKOS
SISTEMA





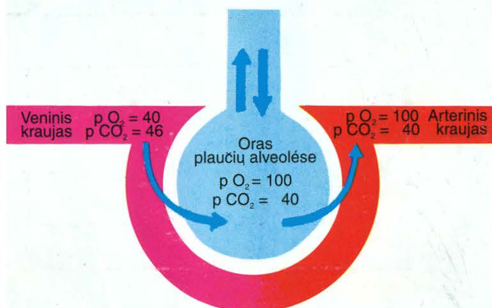


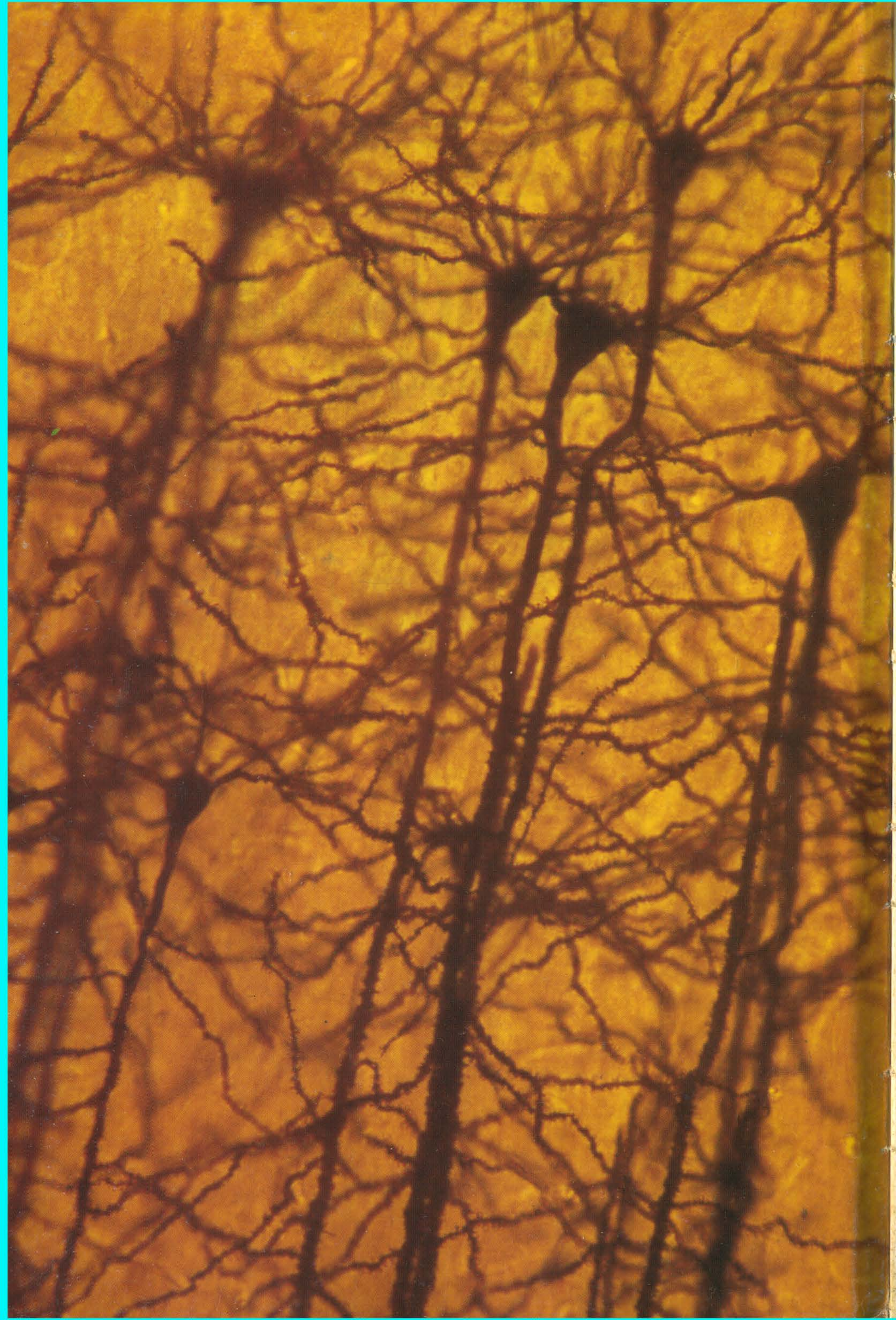
ENDOKRININĖ
SISTEMA



ŠVIESA

FIZIOLOGIJA
ŽMOGUS

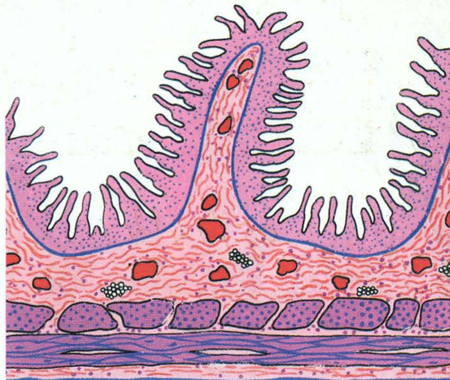






ILIUSTRUOTAS ŽINYNAS

FIZIOLOGIJA
ŽMOGUS





KAUNAS „ŠVIESA“ 1999

UDK 612(031)
Fi-408

ATLANTI SCIENTIFICI GIUNTI
FISIOLOGIA UMANA
Arsenio Fraile Ovejero, Marcello Negri
Giunti Gruppo Editoriale, Firenze
ISBN 88-09-00857-X

Autoriai **Arsenio Fraile Ovejero, Marcello Negri**

Iš italų kalbos vertė RAMUNĖ RAUDONIKIENĖ

Vertimą recenzavo doc. dr. VYTAUTAS GEDRIMAS

Lietuviško leidimo redaktorė HALINA PAVALKIENĖ

Pirmoji iliustracija: smegenų žievės V sluoksnio piramidinių neuronų, nudažytų Goldžio (Golgi) chromo-sidabro impregnacija, mikrofotografija.

Rodyklė (→) nurodo teksto iliustraciją gretimame puslapyje. Kituose puslapiuose esančios iliustracijos nurodomos, pateikiant prieš rodyklę puslapio numerį.

Fi-408 **Fiziologija**: žmogus / Arsenio Fraile Ovejero, Marcello Negri. — Kaunas: Šviesa, 1999. — 94 p.: iliustr. — (Iliustruotas žinynas)

Žodyn., p. 91. — Terminų r-klė: p. 92—94.
ISBN 5-430-02715-4

Garsios Giunti leidyklos žinynų serijos knyga, kurioje pateikiamos svarbiausios žinios apie žmogaus fiziologiją. Kiekviena tema iliustruota spalvotais piešiniais.

Skiriama gimnazijų, aukštesniųjų medicinos mokyklų moksleiviams, biologijos mokytojams, taip pat plačiajai visuomenei.

UDK 612(031)

Serija „Iliustruotas žinynas"
FIZIOLOGIJA. ŽMOGUS
Autoriai **Arsenio Fraile Ovejero, Marcello Negri**
Redaktorė *Halina Pavalkienė*
Lietuvišką tekstą rinko „Šviesos" leidyklos kompiuterių baras
1998 11 11. 7,62 leidyb. apsk. l. Tir. 6000 egz. Leid. Nr. 13850.
Akcinė bendrovė leidykla „Šviesa", Vytauto pr. 25, 3000 Kaunas.
Spausdinta Italijoje
Sutartinė kaina

ISBN 5-430-02715-4

TURINYS

Organai ir organizmas

Tam tikrame filogenezės raidos etape gyvoji materija virsta į atskirus vienetus — ląsteles, kurių veikla skatina tolesnį organizmo vystymąsi. Vykstantys mikroevoliuciniai procesai įgalina įvairių ląstelių struktūrų diferenciaciją, t. y. vienos ląstelės prisitaiko vienokiai funkcijai, tuo tarpu kitos vykdo kitą funkciją ir t. t. Kitaip tariant vyksta ląstelių specializacija (→ 1).

Kad specializuota ląstelė galėtų kiek įmanoma geriau plėtoti savo specifines funkcijas, reikia, kad ji nereguliuotų kitų funkcijų. Pavyzdžiui, neuronas, kurio funkcija — priimti ir perduoti gaunamą iš aplinkos informaciją, neturi „rūpintis" maisto ieškojimu, dauginimusi, gynyba. Tačiau jis turi gyventi aplinkoje, kuri užtikrintų jo egzistenciją.

Gyvūnų evoliucijos procesas padėjo išsirutulioti sistemoms, siekiančioms sukurti pastovią organizmo vidaus terpę, kurioje ląstelės galėtų kuo geriau funkcionuoti ir nepriklausyti nuo išorinės aplinkos poveikio.

Vertindami aukštesnįjį gyvūną kaip visumą, suvokiame, kad ji privalo turėti apsauginį apvalkalą, gebantį pasipriešinti išorinės aplinkos poveikiui, galinčiam iškreipti vidaus fizikines ir chemines savybes. Antra vertus, kad ląstelėje vyktų gyvybiniai procesai, ji turi nuolat pasipildyti maisto medžiagų ir šalinti medžiagų apykaitos produktus. Visa tai verčia gyvūną palaikyti ryšius su aplinka, tyrinėti ją ir vienais atvejais tuos ryšius stiprinti, kitais — jų vengti.

Vadinasi, lieka vienas — kompromisinis — būdas tarp būtinybės izoliuotis ir palaikyti ryšį su aplinka. Problema išsprendžiama organizmui pasisavinant iš aplinkos medžiagas atitinkamai apsaugotais kanalėliais, kuriais ir palaikomas abipusis ryšys. Tokiu pat būdu pašalinamos ir nepasisavintos medžiagos.

Aukštesniojo gyvūno struktūrinės ir funkcinės organizacijos schema pavaizduota → 2.

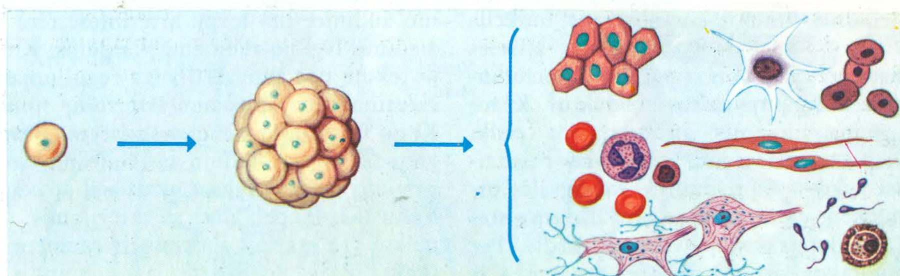
Schemos apačioje yra organizmo ląstelė. Ji turi apvalkalą, arba membraną, gaubiančią ląstelėje esantį skystį, o už ląstelės yra audinių skystis. Tačiau ląstelės turi nuolat atsinaujinti. Šią funkciją reguliuoja kraujotakos sistema, kurioje cirkuliuojantis skystis, *kraujas*, kontaktuoja, iš vienos pusės, su organizmo ertmėmis, kuriose vyksta dujų ir medžiagų apykaita, ir, iš kitos, su audinių ląstelėmis. Kraujas, stumiamas širdies, pavaizduotos schemoje dviem atskirais organais, susitraukimų jėgos, cirkuliuoja magistralinėmis kraujagyslėmis (*arterijomis* ir *venomis*), kurios gausiai išsišakoja, tampa pralaidžios ir apraizgo organizmo ląsteles (*kapiliarai*).

Audinius medžiagomis aprūpina kvėpavimo ir virškinimo sistemų struktūros. Per pirmąją oras patenka į plaučių alveoles, čia atiduoda deguonį kraujui, kuris jį išnešioja į visus audinius. Kietos ir skystos maisto medžiagos patenka per virškinamąjį traktą, kuriame jos įvairiapusiškai apdorojamos, žarnų gaurelių įsiurbiamos ir kraujo išnešiojamos ląstelėms, kurios jas suvartoja. Labai svarbi čia yra kepenų funkcija, kurios veikia kaip filtras. Jose sukaupiamos kai kurių medžiagų atsargos, išlaikančios pastovią kraujo sudėtį tarp virškinimo periodų.

Galutinius dujų apykaitos produktus (CO_2) pašalina plaučiai; nenaudingas vandenyje tirpias medžiagas išskiria inkstai; nepasisavintos virškinimo metu medžiagos iš žarnyno pašalinamos su išmatomis.

Įvairios nervinės galūnės (*receptoriai*) mus informuoja apie nuolatinius išorinės aplinkos ir organizmo vidaus pokyčius; integruotos raumenų ir kaulų sistemos dėka individas gali judėti. Schemoje (→ 2) pavaizduoti ir lytiniai organai. Visų šių organų ir sistemų veiklą koordinuoja nervų sistema ir endokrininės liaukos.

Funkcinė organizacija



1. Ląstelių diferenciacija.

O_2 CO_2

Plaučių alveolės

Nervinės galūnės — receptoriai

Apsauginis apvalkalas (išorinis dangalas)

Raumenys ir kaulai

Dešinioji (veninė) širdies pusė

Kraujo kapiliarai

Kairioji (arterinė) širdies pusė

Nervų sistema

Belatakių liaukų (endokrininė) sistema

Skrandis

Maisto medžiagos

Išmatos

Žarnų gleivinės gaureliai

Arterijos ir venos

Kepenys

Inkstas

Šlapimas

Lytiniai organai

Ląstelė

2. Aukštesniojo gyvūno struktūrinė ir funkcinė organizacija.

Kraujotakos sistema

Pagrindinė kraujotakos sistemos funkcija (→ 1) — aprūpinti organizmo ląsteles maisto medžiagomis ir pašalinti nenaudingus medžiagų apykaitos produktus. Kraujas, cirkuliuojantis audinys, yra puiki transporto priemonė, geriausiai prisitaikiusi vykdyti šią užduotį; kraujagyslės organuose ir audiniuose sudaro uždarą sistemą, kuriomis kraują varinėja širdis. Per kraujotakos sistemą į ląsteles patenka ir hormonai, ir kitos medžiagos, reikalingos ląstelių veiklai reguliuoti. Tekėdamas kraujas padeda palaikyti įvairių organizmo audinių fizikinių ir cheminių savybių pusiausvyrą, pavyzdžiui, pastovią kūno temperatūrą. Tačiau įvairios maisto medžiagos organizme paskirstomos atsižvelgiant į kiekvieno organo funkcinę būklę. Šį procesą reguliuoja širdis, kuri, modifikuodama savo darbo ritmą, nukreipia kraujo srovę ypač toms organizmo dalims, kurios atlieka didesnį darbą.

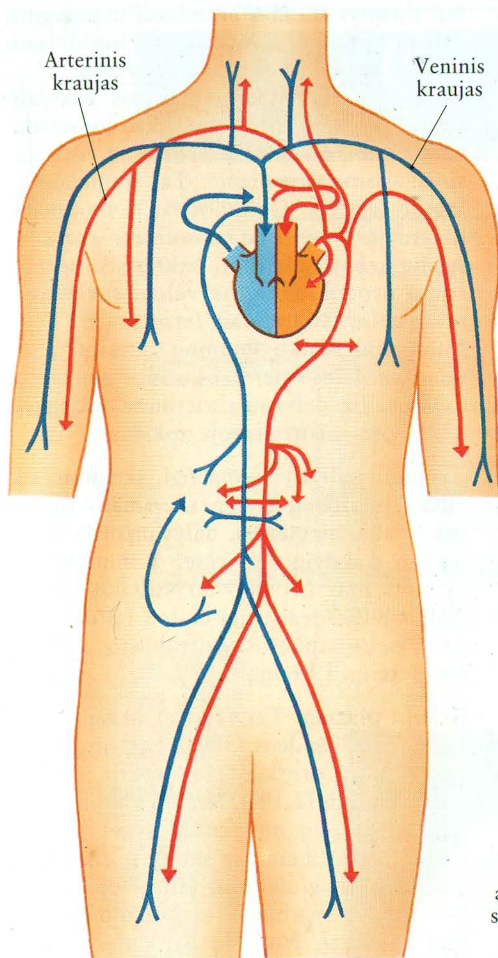
Centrinis kraujotakos organas yra širdis, kuri, įsiurbdama kraują ir išstumdama jį, veikia lyg siurblys. Tai yra raumeninis organas, gebantis savarankiškai susitraukti (*sistolė*) ir atsipalaiduoti (*diastolė*). Susitraukimą skatinantis impulsas kyla (žr. p. 13) tam tikrose širdies raumens ląstelėse — laidžiojoje sistemoje. Susitraukimų ir atsipalaidavimų dėka kraujas iš širdies išstumiamas cikliškai ir aukštu spaudimu; kraujagyslių tinklu — *arterijomis* — jis teka į audinius. Toliau nuo širdies arterijos šakojasi į mažesnio spindžio kraujagysles, kol pasibaigia *arteriniais kapiliarais* (→ 2). Šie virsta *veniniais kapiliarais*, iš kurių susidaro *venos*. Tvirtos arterijų sienelės (→ 3) gali susitraukinėti, esti elastingos, kad išlaikytų kraujospūdį ir transformuotų pulsuojantį širdies darbą į nenutrūkstamą kraujo tėkmę. Tam padeda arterijų sienelių elastinės skaidulos ir lygiųjų raumenų ląstelės. Didžiosios arterijos, kurios išeina iš širdies ir su kiekvienu susitraukimu gauna daug kraujo, apsčiai turi elastinio audinio, tuo tarpu arteriolėse tėra tik žiedinės lygiųjų raumenų skaidulos. Kraujo tėkmė per kapiliarų vagą reguliuojama siaurinant ir išplečiant arteriolių spindį. Kraujo kapiliarų sienelės sudarytos beveik vien tik iš endotelinių ląstelių sluoksnio, per kurį lengvai vyksta medžiagų apykaita. Venų (→ 4), palyginti su arterijomis, sienelėse yra mažiau elastinių ir raumeninių skaidulų. Sužalojus arterijas, jų spindis išlieka atviras, tuo tarpu perpjautos venos greičiau suplokštėja. Kai kurių venų vidinėje pusėje yra vožtuvėliai, kurie neleidžia kraujui tekėti priešinga kryptimi.

Kraujas

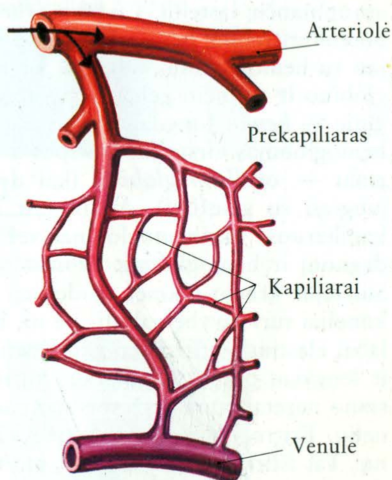
Kraujas — tai raudonos spalvos skystas organizmo audinys. Arterinis kraujas yra šviesesnis, o veninis — tamsesnis. Ištekėjęs iš pažeistų kraujagyslių kraujas gan greitai virsta tvirtoka mase — krešuliu (*koaguliacija*), susidedančiu iš įvairių kraujo kūnelių (*eritrocitų*, *leukocitų*, *kraujo plokštelių*). Krešant kraujui fibrinogenas trombino poveikyje virsta netirpiu *fibrinu*, kurio siūluose įstringa kraujo ląstelės. Krešuliui traukiantis iš jo išteka skaidrus gelsvas skystis — *serumas*. *Plazmą* sudaro serumas ir fibrinogenas; tai skystoji kraujo, cirkuliuojančio kraujagyslėse, dalis. Peržvelgsime elementus, iš kurių susideda kraujas.

Eritrocitai. Tai labai mažos (7,5 μ skersmens), iš abiejų pusių įgaubtos ląstelės, neturinčios branduolio, kai esti cirkuliuojančiame kraujyje, tačiau daug jų turi pradinėse vystymosi stadijose. Vaisiui gimus eritrocitus gamina plokščiųjų kaulų čiulpai iš kamieninių ląstelių, vadinamų *eritroblastais*, kurie tolesniuose brendimo etapuose transformuojasi į *ortochromatinius eritroblastus* (citoplazma, turinti hemoglobino), *retikulocitus* ir *eritrocitus* (→ 4). Iki gimimo eritrocitai gaminami kepenyse ir blužnyje. Neturėdami branduolio, raudonieji kraujo kūneliai yra daug plokštesni

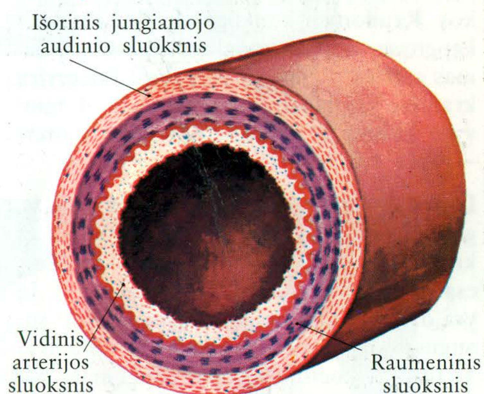
Kraujo indai



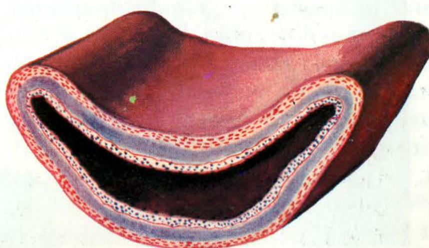
1. Kraujotakos schema.



2. Kraujo kapiliarai.



3. Arterijos skerspjūvis.



4. Venos skerspjūvis.

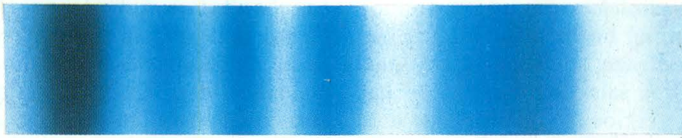
ir dėl to mažiau suvartoja deguonies iš juo aprūpinančių ląstelių. Tai labai svarbu, nes būtent eritrocitai perneša deguonį. Tai siejasi su hemoglobinu, baltymu, sudarytu iš globino ir turinčio geležies pigmento junginio — *hemo*. Jungdamasis su deguonimi hemoglobinas virsta labai nepatvariu junginiu — *oksihemoglobinu* (kai deguonis jungiasi su geležimi). Audinių ir organų kapiliaruose oksihemoglobinas vėl skyla į deguonį ir hemoglobiną.
Sulėtėjus kraujo tėkmei raudonieji kraujo kūneliai turi savybę sulipti. Be to, būdami labai elastingi, eritrocitai gali keisti formą ir lengviau praeiti kapiliarais, kurių skersmuo neretai būna mažesnis nei pačių kūnelių. Eritrocitų amžius — apie 120 dienų. Tai ištirta stebint „senus" radioizotopais žymėtus eritrocitus — įšvirkšti į veną jie po kurio laiko dingsta iš kraujo apytakos. Raudonieji kūneliai suyra blužnyje ir kepenyse, o jų hemoglobinas sunaudojamas tulžies pigmentų gamybai. Eritrocitų kraujyje yra labai daug: paprastai 1 mm^3 vyro kraujo jų yra apie 4,5 mln., moters — apie 4,0 mln.

Leukocitai. Tai beveik bespalvės ląstelės, galinčios amebiškai judėti, prasiskverbti į kraujagysles ir pasišalinti iš jų (*diapedezė*) esant audinių uždegimui ar pažeidimui. Jų yra daug mažiau nei eritrocitų (1 mm^3 suaugusio žmogaus kraujo yra 6 000—10 000 leukocitų; gerokai daugiau jų būna naujagimių kraujyje bei virškinant kai kurias maisto medžiagas). Pagal citoplazmos grūdėtumą jie skirstomi į negrūdėtuosius leukocitus — *agranulocitus* ir grūdėtuosius leukocitus — *granulocitus*. Agranulocitai dar skirstomi į *limfocitus* ir *monocitus*. Pagal gebėjimą nusidažyti granulocitai skirstomi į *eozinofilus*, *bazofilus* ir *neutrofilus*. 1 mm^3 kraujo apie 70% leukocitų sudaro neutrofilai, 3% — eozinofilai, 0,5% — bazofilai, 25% — limfocitai ir 6% — monocitai. Neutrofilų, eozinofilų ir bazofilų branduoliai paprastai skiltėti. Granulocitai susidaro raudonuosiuose kaulų čiulpuose iš mieloblastų. Limfocitai, turintys stambų branduolį ir palyginti menką citoplazmą, susidaro iš limfoblastų limfoidiniame audinyje ir blužnyje. Monocitai turi stambų pasagos pavidalo sferinį branduolį; manoma, kad jie susidaro *retikuloendotelinėje sistemoje*, išsisėjusioje visame organizme. Tai stambiausios kraujo ląstelės. Granulocitai ir monocitai dalyvauja organizmo *imuninėse reakcijose*: jie geba fagocituoti bakterijas, ląstelių irimo produktus, kurie vėliau suvirškinami ląstelių išskiriamais fermentais.
Limfocitai išlaiko imuninę „atmintį", gamina *antikūnus* bei kai kuriuos gama globulinus. Jie dalyvauja vietinėse uždegimo reakcijose, neutralizuoja toksinus.

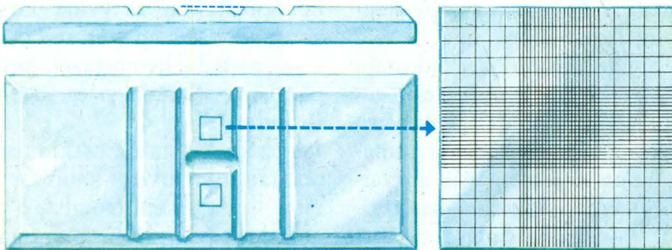
Trombocitai. Tai bespalviai, skridinio pavidalo, maždaug 2 μm skersmens forminiai kraujo elementai, dalyvaujantys kraujavimo stabdymo procese. 1 mm^3 kraujo jų būna nuo 200 000 iki 400 000 ar dar daugiau. Tai yra kaulų čiulpų ląstelių *megakariocitų* atplaišos. Atitrūkusios jos tuojau pereina į kraują.

Kraujo plazma. Tai skystoji kraujo dalis. Susideda iš vandens (90%), baltymų (7%), neorganinių druskų (1%) ir kitų organinių medžiagų (1,1%). Kraujo baltymai, atsižvelgiant į jų molekulinį svorį ir kitas fizikines bei chemines savybes, skiriami į *albuminus* ir *globulinus* (alfa, beta, gama) (→ 1). Tai svarbiausi organizmo atsarginiai baltymai. Nuo šių baltymų fizikinės bei cheminės būklės priklauso optimali kraujotaka ir ypač kapiliarinė kraujotaka; kai kurie baltymai (gama globulinas) dalyvauja imuninėse reakcijose, dar kiti yra būtini kraujo krešėjimo procesui.
Iš neorganinių druskų daugiausia yra natrio chlorido ir natrio karbonato, šiek tiek kalio, kalcio ir magnio chloridų. Nuo druskų koncentracijos kraujo plazmoje priklauso kraujo osmosinis slėgis. Ne tik jų absoliutinis kiekis, bet ir santykis turi įtakos ląstelių veiklai. Taigi egzistuoja ir tam tikri reguliatoriai, tvarkantys kraujo

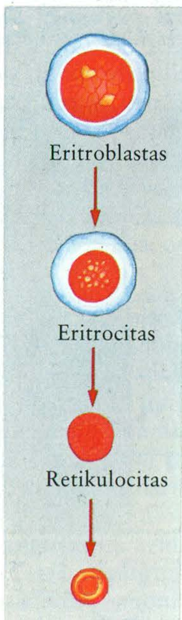
Kraujo elementai



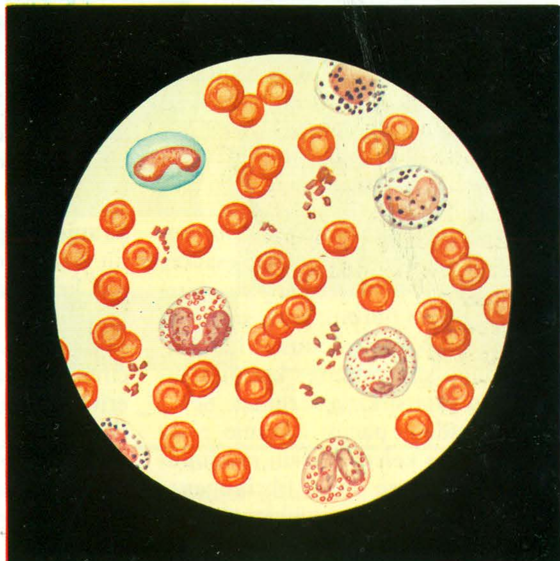
1. Elektroforezės būdu išskirti plazmos baltymai.



2. Kraujo kūnelių skaičiavimo kamera.



3. Eritrocito vystymosi etapai.



4. Eritrocitai ir leukocitai (mikroskopinis vaizdas).

plazmos sudėties santykinį pastovumą. Be minėtų medžiagų, plazmoje dar yra šlapalo, gliukozės, cholesterino, įvairių aminorūgščių, vitaminų, hormonų ir kt. Kai kurie jų yra medžiagų apykaitos produktai, kiti — energijos šaltiniai, dar kiti — kai kurių organų veiklos stimuliatoriai ir t. t. Žmogaus kūne cirkuliuojantis kraujas sudaro apie vieną tryliktąją jo kūno masės; suaugęs vyras jo turi apie 5 litrus. Plazmos tūris kinta priklausomai nuo amžiaus ir lyties (seni žmonės ir moterys jo turi kiek mažiau). Kraujo analizė, tiek cheminė, tiek struktūrinė, yra labai svarbi diagnozuojant daugelį žmogaus ligų. Labai svarbu žinoti hemoglobino ir raudonųjų kraujo kūnelių kiekį (jei jų sumažėja, susergama anemija) bei bendro leukocitų skaičiaus pagausėjimą (infekcijos) ar sumažėjimą. Tai gali būti nustatoma tik apskaičiavus leukocitus kraujo kūnelių skaičiavimo kamera (p. 9 → 2). Ją sudaro stiklinė plokštelė, kurios viršutinis paviršius padalintas į didesnius, o šie savo ruožtu — į mažesnius kvadratėlius. Suskaičiavus ląsteles labai svarbu žinoti, ar tiriamo žmogaus leukocitai nepakitę ir ar leukocitų įvairių tipų procentinis santykis atitinka normą.

Pagal leukocitų įvairių tipų procentinį santykį normali „leukocitų formulė“ tokia: neutrofilų — 60—70%, limfocitų — 20—30%, monocitų — 6%, eozinofilų — iki 3%, bazofilų — 0—1%.

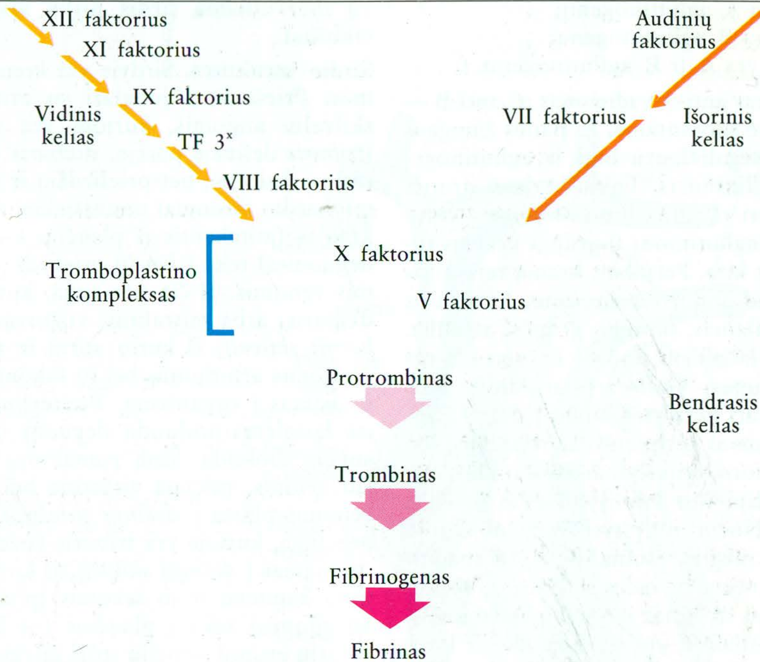
Kraujo krešėjimas. Kraujas kreša *fibrinogenui*, vienam iš kraujo plazmoje esančių didesnės molekulinės masės baltymų, virstant tinklo pavidalo fibrinu, kuris savo siūlelių kilpose sulaiko eritrocitus ir leukocitus. Tokiu būdu susiformavęs krešulys susitraukia, nuo jo atsiskiria serumas. Serumo cheminė sudėtis panaši į kraujo plazmos, bet, išskyrus keletą mažiau reikšmingų skirtumų, serume nėra fibrinogeno. Fibrinogenas virsta fibrinu veikiant *trombokinazei*, kuri su kalcio jonais neveiklų plazmos fermentą *protrombiną* paverčia trombinu. Vėliau fibrinogenas virsta fibrinu. Protrombinas virsta trombinu veikiant *tromboplastino kompleksui* (X ir V krešėjimo faktoriai, taip pat baltymai, kalcio jonai, išsilaisvinęs nuo trombocitų neesminis faktorius). Tromboplastino susidarymas vyksta dvejopai: *vidiniu būdu*, kai kraujas ima krešėti nuo sąlyčio su neįprastu paviršiumi (pvz., su dirbtiniu širdies vožtuvu), ir *išoriškai*, kai krešėjimą skatina audinių ekstraktai, patekę į kraują (pvz., susižeidus). Kad kraujas kuo greičiau nustotų bėgęs, vienų faktorių sąveikos produktai aktyvina kitus faktorius. Trombocitai taip pat stabdo kraujavimą, t. y. padeda hemostazei, prilipdami prie pažeistos kraujagyslės sienelės vietos (*trombas*).

Jei pažeistos smulkios kraujagyslės, trombocitai šiuo atveju kaupiasi ties pažeista vieta, sudarydami trombą, o paskui pirminį kamštį — krešulį, ir kraujavimas sustoja. Kraujo krešėjimo faktorių stoka, kuri sutrikdo kraujavimą pačioje ankstyviausioje stadijoje, yra labai pavojinga sergantiems hemofilija.

Antra vertus, krešulių (trombų) susidarymas kraujagyslėse gali sutrikdyti gyvybei svarbių organų (smegenų, širdies, inkstų) veiklą, būti pavojingas ligonio gyvybei. Dažniausios *trombozių* priežastys — vidinio kraujagyslių sienelės sluoksnio pakitimai ir heparino sumažėjimas kraujyje.

Kraujo grupės. Kai kurie eritrocitų sienelių baltyminiai komponentai vienų žmonių kraujyje veikia kaip svetimi baltymai (*antigenai*), kitų žmonių kraujyje reaguoja su pačioje kraujo plazmoje esančiomis specifinėmis medžiagomis (*antikūnais*). Dėl to eritrocitai agliutinuojasi. Eritrocitiniai antigenai vadinami *agliutinogenais*, o plazmos antikūnai, lipdantys atitinkamos grupės kūnelius, — *agliutininais* (→ 2). Remiantis geriausiai žinoma AB0 sistema, kiekvieno žmogaus kraujas yra vienos iš šių grupių:

Kraujo krešėjimas ir kraujo grupės



*Trombocitų faktorius (neesminis)

1. Kraujo krešėjimo mechanizmas.

Grupė → / Agliutinogenai → / Agliutininai ↓		O	A	B	AB
		–	A	B	A ir B
O	α ir β	–	+	+	+
A	β	–	–	+	+
B	α	–	+	–	+
AB	–	–	–	–	–

RECIPIENTAI DONORAI

— Nėra agliutinacijos: perpilti galima.
+ Vyksta agliutinacija: perpilti negalima.
0 grupė: universalieji donorai.
AB grupė: universalieji recipientai.

2. Kraujo grupių suderinamumo lentelė (perpilant kraują).

0 (I), nėra agliutinogenų;
A (II), yra A agliutinogenų;
B (III), yra B agliutinogenų;
AB (IV), yra A ir B agliutinogenų.

Agliutininas anti-A vadinamas α; anti-B — β. Savaime suprantama, to paties žmogaus kraujyje negali kartu būti ir agliutinogenas, ir agliutininas. Tokiu būdu A grupės kraujas turi α agliutinino; B grupės kraujas turi β agliutinino; 0 grupės kraujas turi viena ir kita. Perpilant kraują reikia įsitikinti, kad donoro ir žmogaus, kuriam jis bus perpilamas, kraujo grupės atitinka. Taip yra, jei abiejų žmonių kraujas yra tos pačios grupės; kitais atvejais didžiausias dėmesys turi būti kreipiamas į donoro agliutinogenus ir recipiento agliutininus, kadangi donoro agliutininai nėra tokie svarbūs ir recipiento kraujyje didelė jų dalis ištirpsta. Norint nustatyti žmogaus kraujo grupę, jo mėginys sumaišomas su specifinių agliutininų turinčiu serumu ir po kelių minučių stebimas sankrėkų atsiradimas. Be AB0 sistemos, yra naudojamasi ir kitomis sistemomis. Labai svarbus rezus (Rh) faktorius, susijęs su taip vadinama *hemolizine naujagimių liga* — rezus konfliktu, kuris gali įvykti Rh^- nėščiosios vaisiui paveldėjus iš tėvo Rh^+. 15% baltosios rasės žmonių turi Rh^-, t. y. rezus faktoriaus neturi. Agliutinino anti-Rh plazmoje iš pradžių nebūna: jis atsiranda perpilant kraują Rh^+ arba pereinant eritrocitams Rh^+ iš vaisiaus per placentos choriono gaurelius į motinos kraują.

Širdis

Širdies raumuo. Širdies sienelę sudaro pakitęs skersaruožis širdies raumuo, arba *miokardas*, kurio išorinį sluoksnį dengia širdiplėvė (perikardas), o vidinį — endokardas. Miokardo skaidulos (→ 1) sudarytos iš skersaruožių raumeninių skaidulų, panašių į griaučių raumenų skaidulas, ir skiriasi nuo jų tuo, kad yra susipynusios į tinklą ir turi netaisyklingais intervalais skersai išdėstytų smulkių diskelių, vadinamų *įterptiniais diskais*. Autonominių nervų inervuojama širdis dirba savaime ir cikliškai.

Širdies struktūra. Širdyje yra keturios ertmės. Prieširdžiai jungiasi su atitinkamu skilveliu angomis, kuriose yra vožtuvai (*triburis* dešinėje pusėje, *dviburis* (mitralinis) — kairėje), bet prieširdžių ir skilvelių miokardas tiesiogiai nesusisiekia. Arterinis kraujas (atitekantis iš plaučių, kur gauna deguonies) teka į *kairįjį prieširdį* plautinėmis venomis. Iš čia per angą, kurioje yra dviburis, arba mitralinis, vožtuvas, teka į *kairįjį skilvelį*, iš kurio aorta ir atsišakojančiomis arterijomis bei jų šakomis pumpuojamas į organizmą. Periferijoje kraujas ląstelėms atiduoda deguonį ir paima anglies dioksidą. Širdį pamaitinęs kraujas, jau veninis, tuščiąja viršutine bei apatine venomis plūsta į *dešinįjį prieširdį*. Toliau per angą, kurioje yra triburis vožtuvas, išstumiamas į *dešinįjį skilvelį*, iš kurio plautiniu kamienu ir jo šakomis (plautinėmis arterijomis) teka į plaučius (→ 2). Visų keturių ertmių sienelių storį sąlygoja jų atliekamas darbas. Todėl prieširdžiai, atliekantys palyginti menką įsiurbimo ir išstūmimo funkciją, turi plonas sieneles. Plaučių kraujagyslių kraujospūdis yra nedidelis, todėl ir dešiniojo skilvelio sienelės nėra labai storos. Tuo tarpu kairiojo skilvelio, kurio užduotis — paskirstyti kraują plačiajam kraujagyslių tinklui, sienelės yra daug storesnės.

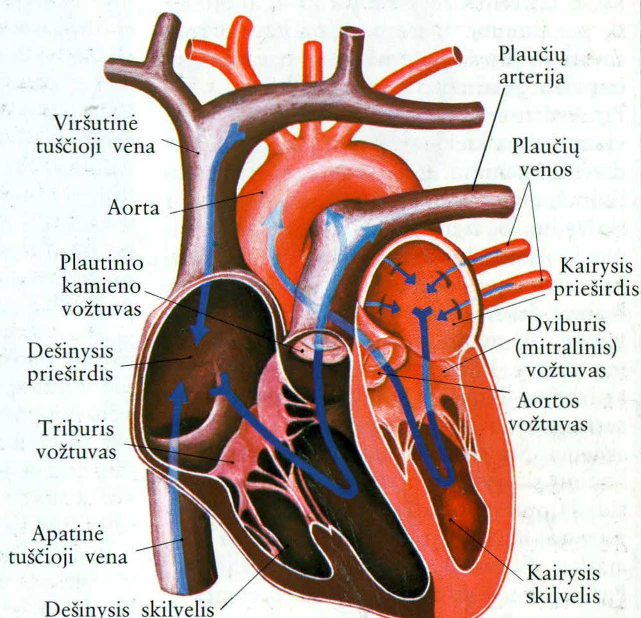
Miokardo vidinis paviršius išklotas plonyte endoteline membrana — *endokardu*. Endokardo klostės sudaro *prieširdinius skilvelių* arba *burinius vožtuvus*. Pusmėnuliniai vožtuvėliai susidaro iš didžiųjų kraujagyslių vidinio endotelinio sluoksnio. Iš išorės širdį dengia širdiplėvė, arba *perikardas*, kuris kaip maišas apgaubia širdį. Vidinė jo pusė yra serozinė, išorinė — skaidulinė.

Bioelektrinio impulso generavimas ir širdies susitraukimas. Širdies susitraukimo impulsą sukelia *sinusinis* prieširdžių (Keith ir Flack) *mazgas* (→ 4), esantis dešiniajame

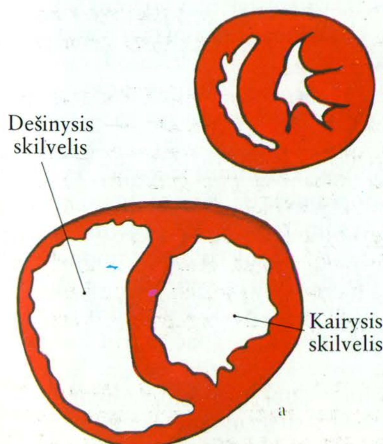
Širdis



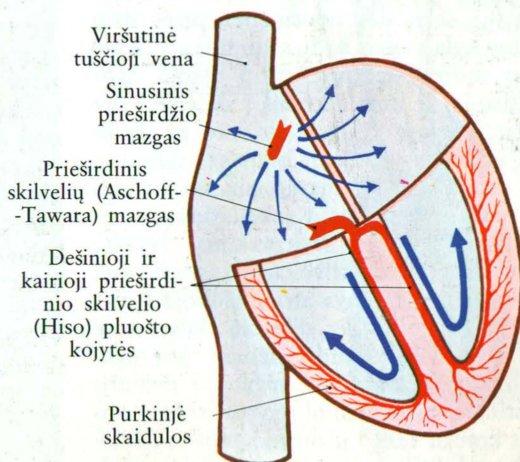
1. Širdies skersaruožis raumeninis audinys.



2. Kraujo tekėjimo širdyje kryptys.



3. Skilvelis (*a* — per diastolę, *b* — per sistolę).



4. Širdies laidžioji sistema.

prieširdyje, netoli viršutinės tuščiosios venos žiočių. Taigi, kai sinusinio prieširdžio mazgo ląstelės generuoja 72 impulsus per minutę, prieširdžių miokarde jų išplinta 60, o skilvelius pasiekia tik 25—30 impulsų per minutę. Visas miokardas valdomas sinusinio prieširdžio mazgo, dar vadinamo impulso generatoriumi.

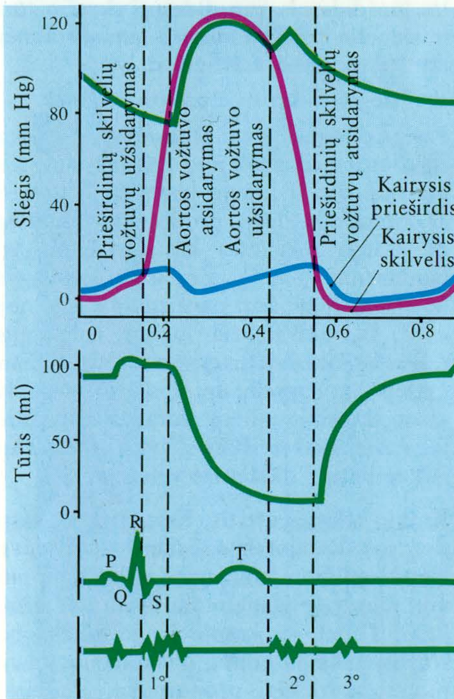
Prieširdžių ir skilvelių miokardas siejasi tik viena siaura kiek pakitusios struktūros širdies raumeninio audinio juosta, o skaidulinio audinio žiedai atskiria prieširdžius ir skilvelius. Šį žiedą kerta raumeninio audinio juostelė, kurios pradžia yra *prieširdinis skilvelių* (Aschoff-Tawara) *mazgas*, esantis dešinėje tarpprieširdinės pertvaros pusėje. Šis mazgas labai svarbus sinusiniame mazge kilusiam impulsui perduoti į skilvelius. Tinkamą prieširdžių ir skilvelių susitraukimo seką sąlygoja širdies laidžioji sistema. Šią sistemą sudaro trumpas prieširdinis skilvelis *(Hiso) pluoštas*, kuris prasideda nuo prieširdinio skilvelių (Aschoff-Tawara) mazgo ir netrukus pasidalina į dvi atšakas (kojytes) — dešiniąją ir kairiąją. Pastarosios eina tarpskilveline pertvara ir pasibaigia Purkinjė skaidulomis, kurios siejasi su skilvelių raumeninėmis skaidulomis. Tokiu būdu širdies impulsas visus skilvelių taškus pasiekia beveik tuo pačiu metu. Kas 0,8 sekundės sinusiniame prieširdžio mazge kyla vienas širdies stimulas. Prieširdžiai susitraukia (prieširdžių sistolė, arba presistolė) ir stumia kraują į skilvelius per angas, kuriose yra jau atsidarę prieširdiniai skilvelių vožtuvai. Impulsas sklinda į prieširdinį skilvelių mazgą, pluoštą, kojytes ir Purkinjė skaidulas ir sukelia kraujo priplūdusių skilvelių susitraukimą. Įvyksta skilvelių sistolė. Skilveliams susitraukiant prieširdžių raumenys atsipalaiduoja (prieširdžių diastolė). Per diastolę skilveliuose padidėjęs kraujospūdis uždaro prieširdinius skilvelių vožtuvus (triburį ir dviburį) ir atidaro pusmėnulinius vožtuvėlius, kuriais kraujas teka į plautinį kamieną (iš dešiniojo skilvelio) ir aortą (iš kairiojo skilvelio). Per trumpą pauzę skilveliai atsipalaiduoja (visiška diastolė, kadangi ir prieširdžiai jau yra diastolėje); kraujospūdis skilveliuose šiuo metu staiga nukrinta. Ima mažėti ir arterinis kraujospūdis, bet ne taip staiga, kadangi arterijų sienelės yra elastingesnės. Tuo momentu, kai kraujospūdis skilveliuose yra mažesnis nei arterijose, užsidaro pusmėnuliniai vožtuvėliai; kai miokardas atsipalaiduoja visiškai, vėl atsidaro prieširdiniai skilvelių vožtuvai. Atitekėjęs iš venų kraujas (tuščiųjų ir plautinių) pripildo prieširdžius, o atsidarius triburiui ir dviburiui vožtuvui — ir skilvelius. Tai trunka, kol, kilus naujam impulsui sinusiniame prieširdžio mazge, prasideda naujas širdies ciklas.

Širdies bioelektriniai impulsai gali būti užrašomi specialiu aparatu — *elektrokardiografu*, kuris pateikia širdies susitraukimų sukeltų elektrinio potencialo svyravimų kreivę (→ 1). Tuo tikslu prie kūno pritvirtinami elektrodai, sujungti su aparatu, kuris sustiprina elektrinius impulsus ir juos užrašo popieriuje. Iš šio užrašo, vadinamo *elektrokardiograma*, galima gan tiksliai įvertinti širdies būklę. Potencialo kitimų režimai yra kelių tūkstantųjų volto, o srovės labai silpnos, kadangi kūno (ypač odos) elektrinė varža yra gana didelė. Elektrokardiogramos derivacijos esti įvairios. Dažniausiai naudojamos šios:

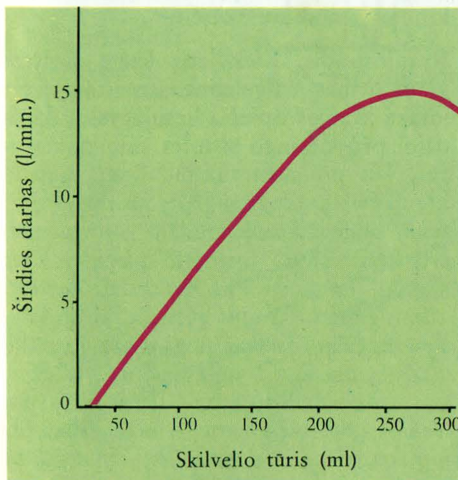
1) trys klasikinės (Einthoveno) arba galūninės bipolės, t. y. I (dešinioji ranka — kairioji ranka), II (dešinioji ranka — kairioji koja) ir III (kairioji ranka — kairioji koja);

2) vienpolės krūtininės derivacijos. Elektrokardiogramoje stebimos trys teigiamos bangos, vadinamos *P*, *R*, *T*, ir dvi neigiamos — *Q* ir *S*. Banga *P*, arba impulso plitimas prieširdžiuose, parodo prieširdžių darbą, bangos *Q*, *R*, *S*, *T* atspindi impulso plitimą skilveliuose. Ypač svarbi banga *T*, dar vadinama koronarine banga. Kitu metodu galime užrašyti ir taip vadinamus *širdies ūžesius*, atsirandančius dėl vožtuvų darbo sutrikimų ir dėl širdies bei didžiųjų kraujagyslių sienelių vibracijos.

Širdies veikla



1. Širdies veiklos ciklai.



2. Širdies sienelės ištempimo poveikis širdies ritmui.

Širdies veiklos reguliavimo centras smegenų kamiene

Miego arterijų ančiai (sinusai)

Parasimpatinis nervas (lėtinantis)

Aortos lankas

Dešinysis skilvelis

Simpatinis nervas (greitinantis)

(–)

(+)

3. Širdies veiklos reguliavimas.

Širdies darbą reguliuoja du mechanizmai. Pirmasis yra pačioje širdyje ir remiasi būdinga miokardui savybe susitraukti tokia energija, kiek ji gali išsitempti iki prasidedant susitraukimui (p. 15 → 2). Kalbama apie širdies savireguliavimo mechanizmą, vadinamą Starlingo dėsniu: „Sistolinio susitraukimo stiprumas tam tikrose ribose yra proporcingas širdies tūriui diastolėje". Kitas mechanizmas susijęs su nervų sistema, t. y. su parasimpatinės ir simpatinės sistemos įtaka (p. 15 → 3). Širdies veiklos reguliavimo centras, esantis pailgosiose smegenyse, gauna informaciją iš viso kūno ir siunčia nervinius impulsus širdžiai pagal organizmo poreikius.

Kraujo tekėjimas kraujagyslėmis

Kraujas teka kraujagyslėmis pagal Pauzelio (Poiseuille) hidraulikos dėsnį. Pagal šį dėsnį išreiškiančią formulę skysčio, tekančio siauru vamzdeliu, tūris tiesiog proporcingas į vamzdelį įeinančio bei iš jo išeinančio skysčio slėgių skirtumui ir vamzdelio skersmens ketvirtajam laipsniui bei atvirkščiai proporcingas vamzdelio ilgiui ir skysčio klampai.

Iš vamzdžio ištekančio skysčio kiekis (*V*) per laiko vienetą (tūrio greitis) priklauso nuo slėgių skirtumo vamzdžio galuose (*P*). Ištekančio kraujo kiekis per laiko vienetą tiesiog proporcingas slėgio skirtumui, bet priklauso ir nuo pasipriešinimo, su kuriuo tekantis kraujas susiduria — t. y. nuo kraujo klampos ir skysčio trinties į vamzdžio sieneles.

$$\text{Tūris} = K \times \frac{\text{slėgis} \times \text{skersmuo}^4}{\text{ilgis} \times \text{klampa}} .$$

Remiantis šia formule, kraujas, plūsdamas iš širdies, pasiskirsto įvairaus spindžio kraujagyslėmis. Lemiamą įtaką kraujo tūrio atitinkamose kūno zonose kitimui turi kraujagyslių spindžio pokyčiai. Arteriolės spindį gali keisti veikiamos sienelių raumeninio sluoksnio ir ateinančių į kraujagysles vazomotorinių nervinių skaidulų dėka. Vadinasi, nuo to priklauso kraujo tiekimas visai kraujotakos sistemai. Tekančio vamzdeliu skysčio slėgis į indo sieneles juo didesnis, juo didesnis skysčio tūris ir sienelių pasipriešinimas jam distalinėje tam tikro taško atžvilgiu dalyje:

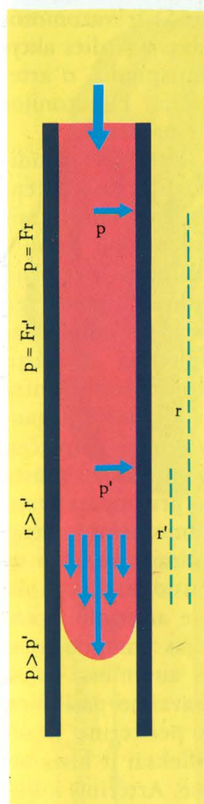
$$\text{slėgis} = \text{tūris} \times \text{pasipriešinimas}.$$

Pasipriešinimas yra iš esmės identiškas trinčiai ir priklauso nuo kraujagyslės ilgio bei spindžio ir kraujo klampos. Vadinasi: 1) lateralinis slėgis proporcingai mažėja; 2) kraujo tekėjimas kraujagyslėmis yra laminarinis (→ 1). Žmogaus kraujagyslių sistema gali būti pavaizduota schemoje → 2, kur akivaizdžiai matyti, kaip laipsniškai išsišakojant arterijoms ir arteriolėms mažėja kraujagyslių spindis, tuo tarpu visas jų skersinių pjūvių plotas labai padidėja. Atvirkščias reiškinys vyksta pereinant iš kapiliarų į didžiąsias venas.

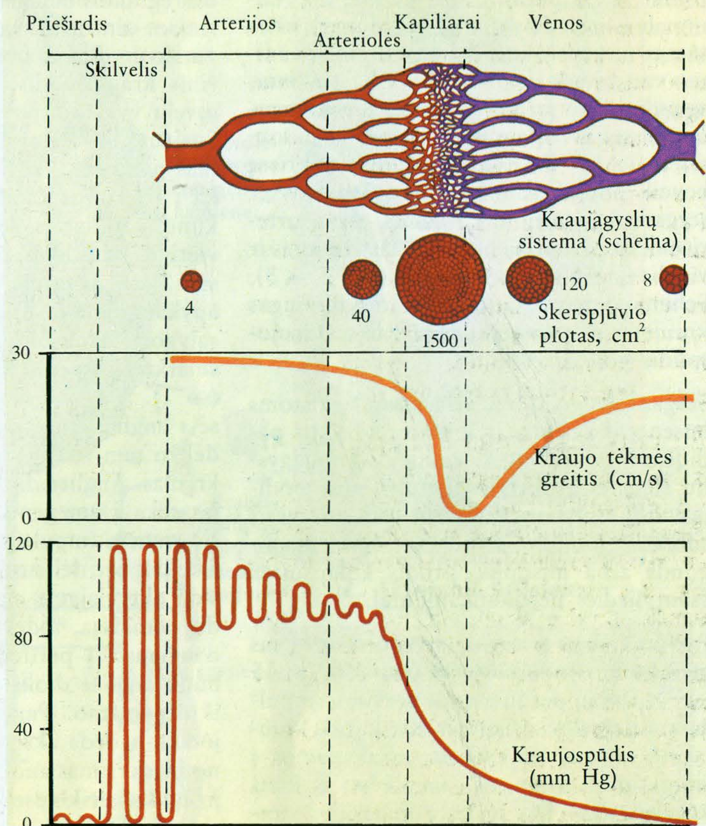
Kraujo tėkmės greitis. Kraujo tūris, esantis visose kraujotakos sistemos zonose, yra lygus suminiam kraujagyslių skersinių pjūvių plotui, padaugintam iš jų vidutinio ilgio. Todėl, jei kraujo kiekis išlieka pastovus, tėkmės greitis ir skersinių pjūvių plotas atvirkščiai proporcingi. Vadinasi, kraujas lėčiausiai teka kapiliaruose (→ 2); visa tai yra svarbu funkciniu požiūriu, kadangi čia vyksta apykaitos procesai tarp kraujo ir audinių skysčio.

Kraujospūdis. Kiekvieną kartą susitraukiant širdies skilveliams išstumtas į kraujotaką kraujas išplečia kraujagysles iki dydžio, proporcingo sistolės suteikiamai jėgai; kai po susitraukimo seka diastolė, kraujagyslės stengiasi grįžti į pirmykštę būseną; taigi iš kraujospūdžio galima nustatyti kraujagyslių išsiplėtimo būklę. Kraujospūdį lemia ir kiti veiksniai: (arterijų elastingumas, kraujo tūris ir jo sudėtis). Kraujagyslių tonusas (taigi ir kraujospūdis) esti nevienodas: sistolės metu jis didžiausias (maksimalus, arba *sistolinis*, spaudimas), diastolės metu — mažiausias (minimalus, arba *diastolinis*, spaudimas). Vidutinio spindžio arterijose spaudimas (arterinis kraujospūdis) svyruoja apie

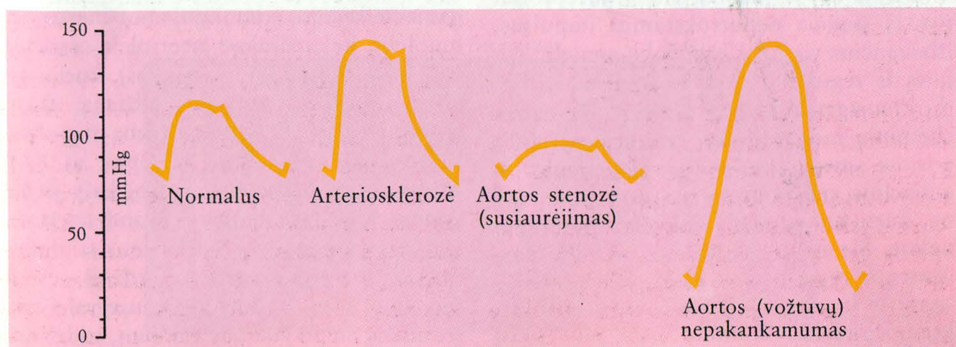
Kraujo tėkmės greitis ir spaudimas



1. Laminarinis tekėjimas ir slėgio vamzdelyje mažėjimas.



2. Kraujo spaudimas ir tėkmės greitis įvairiose kraujagyslių vietose (bendroji kraujotaka).



3. Diferencinis, arba pulsinis, kraujospūdis sergant įvairiomis ligomis.

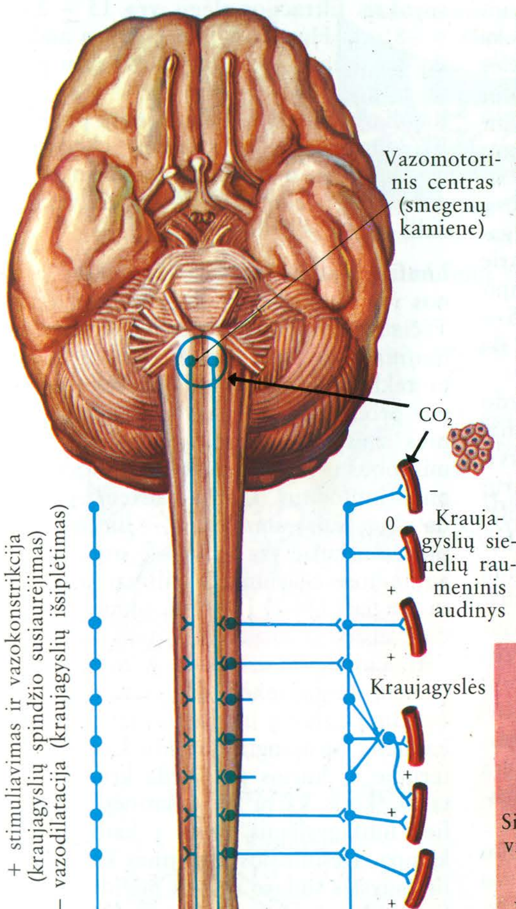
120—130 mm Hg (maksimalus, arba sistolinis, spaudimas) ir 70—80 mm Hg (minimalus, arba diastolinis, spaudimas); skirtumas tarp sistolinio ir diastolinio spaudimo vadinamas *diferenciniu*, arba *pulsiniu*, spaudimu. Jei arterijos prarastų elastingumą, sistolinis spaudimas staiga labai šoktelėtų, o per diastolę spaudimas nukristų beveik akimirksniu. Žmogui senstant ar sergant kai kuriomis ligomis, pvz., arterioskleroze, mažėja arterijų elastingumas ir vis didėja pulsinis spaudimas (p. 17 → 3). Schemoje pavaizduotas vyrams būdingas kraujospūdis; moterų, ypač vaikų, kraujospūdis yra žemesnis.

Sergant daugeliu ligų arba esant liguistoms būsenoms pakinta ir kraujospūdis. Jis padidėja (*hipertonija*) sustandėjus kraujagyslių sienelėms (*arterioskleroze*), apsinuodijus arba sutrikus hormonų pusiausvyrai; sumažėja (*hipotonija*) sergant ūminėmis ligomis arba nusilpus, ištikus kolapsui ir esant širdies nepakankamumui.

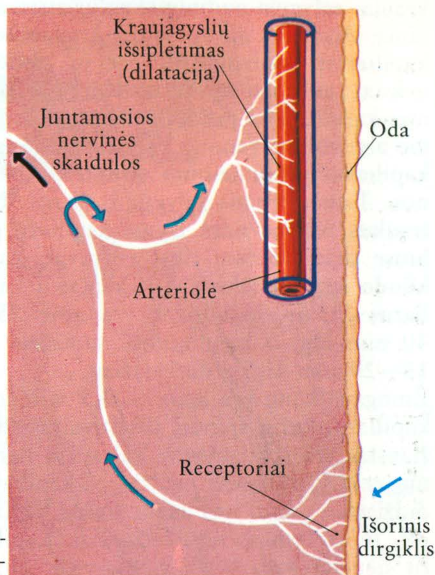
Į beveik visas arterijas, arterioles ir venas ateina simpatinės nervinės skaidulos (p. 15 → 3). Dėl jų perduodamų nervinių impulsų kraujagyslės susiaurėja. Kai kurios kraujagyslės, pvz., vainikinės, atsakydamos į simpatinius impulsus, išsiplečia; į kitas kraujagysles eina ir parasimpatinės nervinės skaidulos, kurios išplečia kraujagysles; į daugumą jų atsišakoja ir juntamųjų nervų skaidulos, kurias sudirginus kinta kraujagyslių spindis. Dirginami receptoriai (→ 1) siunčia nenutrūkstamus impulsus, išlaikančius pastovų arteriolių sienelių tonusą ir reguliuojančius kraujagyslių spindį; kraujagyslių spindis kinta ir dėl įvairių cheminių medžiagų poveikio (→ 4). Pailgosiose smegenyse, kuriose yra kardioreguliacinis centras, telkiasi grupės neuronų, kurių ataugos išplinta kraujagyslių sienelėse. Šie neuronai sudaro vazomotorinį centrą ir reguliuoja kraujagyslių spindį, o kartu ir kraujospūdį. Didėjant arteriniam kraujospūdžiui, stimuliuojami tam tikrų kraujotakos sistemos zonų specifiniai receptoriai, kurie perduoda informaciją kardioreguliaciniam (žr. p. 15) ir vazomotoriniam centrui; savaime lėtėja širdies aktyvumas ir didėja arteriolių spindis, o arterinis kraujospūdis sumažėja. Hipotonijos atveju vyksta atvirkštinis procesas.

Susiaurėjus arteriolėms arterinis spaudimas padidėja, kartu mažiau kraujo patenka į arterinius kapiliarus. Kad tam tikrais kūno kapiliarais tekėtų daugiau kraujo, vietinės arteriolės turi išsiplėsti tiek, kad sumažėtų arterinis spaudimas. Medžiagų apykaitos metu susidaręs anglies dioksidas sąlygoja arteriolių išsiplėtimą ir kartu smarkiai aktyvina vazokonstrikcinį centrą (→ 1). Aktyviuosiuose audiniuose pagausėja anglies dioksido, arteriolės išsiplečia, dėl to tam tikroje zonoje smarkiau plūsta kraujas. Anglies dioksido prisotintas kraujas teka į smegenų vazomotorinį centrą; šis siunčia impulsus bendrajai vazokonstrikcijai, bet dėl susikaupusio anglies dioksido aktyviajame audinyje arteriolių spindis nemažėja, todėl kraujas pumpuojamas daugiausia į periferinius audinius. Tokiu būdu anglies dioksidas savaime pasišalina iš organizmo. Pagerinti periferinę kraujotaką padeda aksonų refleksai ir histamino išsiskyrimas audiniuose. Arterinis kraujospūdis priklauso ne tik nuo arterijų sienelių būsenos, bet ir nuo jose cirkuliuojančio kraujo kiekio (*volemija*). Todėl jis turi išlikti pastovus. Šią funkciją atlieka *renino-angiotenzino* sistema. Mažėjant organizme kraujo, stimuliuojamos inksto kamuolėlio įtekančiojoje arteriolėje esančios ląstelės (pakamuolinis aparatas), kurios išskiria reniną — aktyvią medžiagą, skatinančią angiotenzinogeno virtimą angiotenzinu. Pastarasis veikia dvejopai: a) kaip galingas vazokonstriktorius; b) kaip skatinančio inkstuose natrio ir vandens reabsorbciją aldosterono išsiskyrimo stimuliatorius. Jo veikiamos (pavyzdžiui, esant dideliam kraujospūdžiui) kraujagyslės susitraukia, sulaikydamos vandenį, todėl kurį laiką išlieka pastovus kraujo kiekis.

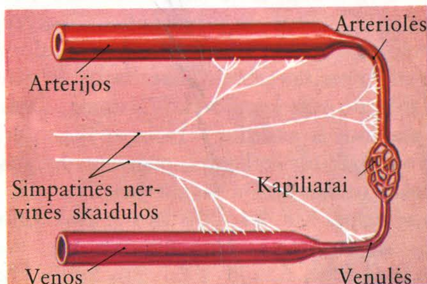
Arterinis kraujospūdis ir kraujo tekėjimo reguliavimas



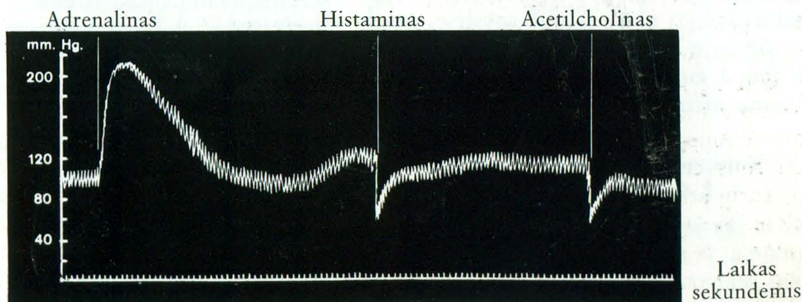
1. Anglies dioksido poveikis lokalinei vazodilatacijai ir centrinei vazokonstrikcijai.



2. Aksoninis refleksas.



3. Periferinių kraujagyslių inervacija.



4. Grafinis kraujospūdžio užrašymas. Kai kurių vazomotorinių medžiagų poveikis: adrenalinas kraujagysles siaurina, histaminas ir acetilcholinas — plečia.

Kraujo tekėjimas kapiliarais. Tekėdamas kraujas sąlygoja audinių skysčių atsinaujinimą. Audinius aprūpinantis kraujas teka kapiliarais, kadangi tik per jų sieneles vyksta medžiagų apykaita. Kraujo tekėjimas kapiliaruose priklauso nuo jo spaudimo arteriolėse, veninio kraujospūdžio prekapiliarinių raumeninių sfinkterių būsenos. Tam tikromis sąlygomis šiems susitraukus, kurios nors zonos kapiliarų galuose susidaro tam tikri vožtuvai, kurie kliudo kraujui tekėti. Atitekančio į kapiliarus kraujo spaudimas yra apie 35—40 mm Hg, o kapiliaruose sumažėja iki 15—20 mm Hg ir dar mažiau.

Žmogaus kūne yra apie 2—3,5 milijardo kapiliarų, kurių spindis labai įvairus: mažiausias yra tinklainės ir kai kurių nervinių centrų pilkosios medžiagos kapiliarų; didžiausią spindį turi kaulų čiulpų kapiliarai. Juose kraujas teka lėčiausiai. Kapiliarų sieneles sudaro tik vienas endotelinių ląstelių sluoksnis, apsuptas plonyte pamatine membrana. Endotelis praleidžia visus kraujo plazmos komponentus, išskyrus stambias baltymų molekules. Audinių skystis prasiskverbia į kapiliarus ir išsisklaido po visą kraujotakos sistemą. Kraujo plazmos ir audinių skysčio apykaita yra grynai fizikinis reiškinys, paremtas hidrostatiniu ir osmosiniu slėgiu (→ 1).

Kapiliarinis kraujospūdis ties atsišakojimu nuo arteriolių yra apie 40 mm Hg; tuo tarpu audinių skysčio slėgis yra 5 mm Hg. Antra vertus, plazmos baltymų kapiliaruose osmosinis slėgis yra 26 mm Hg. Ši jėga siekia išlaikyti plazmą kraujagyslėje. Audinių skystyje baltymų yra nedaug, o slėgis tik apie 1 mm Hg. Taigi visų jėgų bendroji suma artimiausioje kapiliarams zonoje yra:

$$\text{Veiksmingas spaudimas} = (40 - 5) - (26 - 1) = 10 \text{ mm Hg}.$$

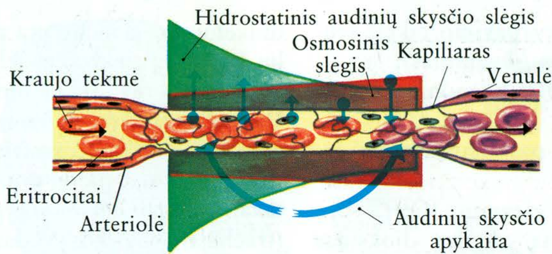
Tai ir yra jėga, paskatinanti plazmos išsisunkimą į audinius. Mažėjant kapiliariniam kraujospūdžiui ir daugėjant plazmoje baltymų, tolimiausioje periferinėje zonoje efektyvus hidrostatinis ir osmosinis slėgis yra atitinkamai 15 ir 23 mm. Taigi apytikris filtracijos slėgis yra $15 - 23 = -8$ mm Hg. Šia 8 mm Hg jėga audinių skystis sklinda į kapiliarus ir į juos prasiskverbia.

Kapiliarų sienelių laidumas nėra pastovus. Jis kinta veikiant įvairioms cheminėms medžiagoms, o laidumui padidėjus, į audinių tarpląstelinius tarpus prasiskverbia ir dalis plazmos baltymų.

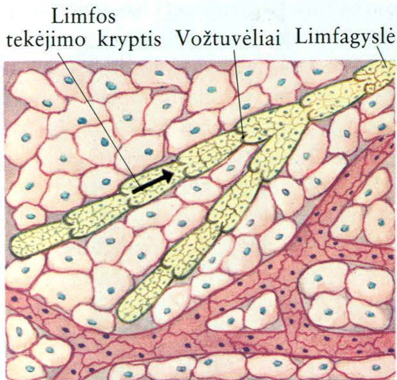
Limfinė sistema. Kraujo kapiliarai ir venos yra savotiškas audinių skysčių filtras. Tačiau yra ir antroji drenažo sistema — *limfinė*, kuri surenka iš audinių skysčių perteklių kartu su ląstelių ir mikrobų irimo produktais, perneša į kraują koloidinius baltymus, lipidų emulsiją, sulaiko mikrobus ir kitas kenksmingas daleles, gamina limfocitus. Limfinė sistema prasideda plonyčiais vamzdeliais — limfiniais kapiliarais, kurie yra išsišakoję organuose ir audiniuose. Susijungę kapiliarai savo ruožtu jungiasi (→ 2) į didesnes limfagysles, o didžiausios iš jų gali šiek tiek susitraukinėti. Limfagyslėse yra daug vožtuvų, verčiančių limfą tekėti tik viena kryptimi. Apatinių galūnių ir pilvo organų limfiniai kamienai susijungia limfinio kamieno cisternoje, iš kurios prasideda krūtininis latakas, kuris kartu su viršutinės kūno dalies limfagyslėmis įteka į kairįjį veninį kampą. Dešiniosios viršutinės kūno dalies limfagyslės sudaro atskirą nedidelį dešinįjį limfinį kamieną, kuris įteka į dešinįjį veninį kampą (→ 4). Skystis, tekantis limfine sistema, vadinamas *limfa*. Pagal sudėtį limfa panaši į kraujo plazmą, tik limfoje yra kur kas mažiau baltymų. Be to, limfoje gausu limfmazgių kilmės limfocitų. *Limfmazgiai* (→ 3) išsidėstę grupėmis ar pavieniui įvairiose kūno vietose, per juos filtruojasi tekanti limfa. Limfos tekėjimą lemia naujai besigaminanti limfa, arterijų pulsavimas, kvėpavimo judesiai, limfagyslių vožtuvai, kurie neleidžia skysčiui grįžti atgal, ir svarbiausia — aplinkinių skersaruožių raumenų susitraukinėjimas.

Kvėpavimas skirstomas į šias fazes:

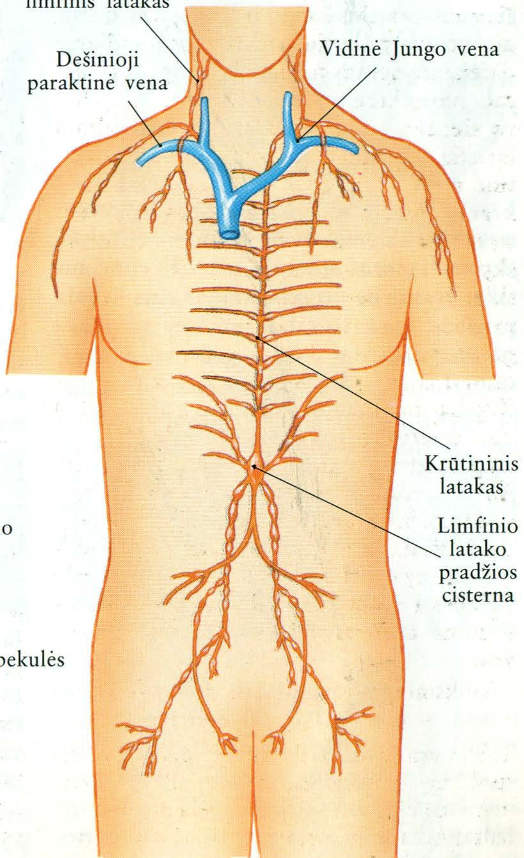
Limfinė sistema



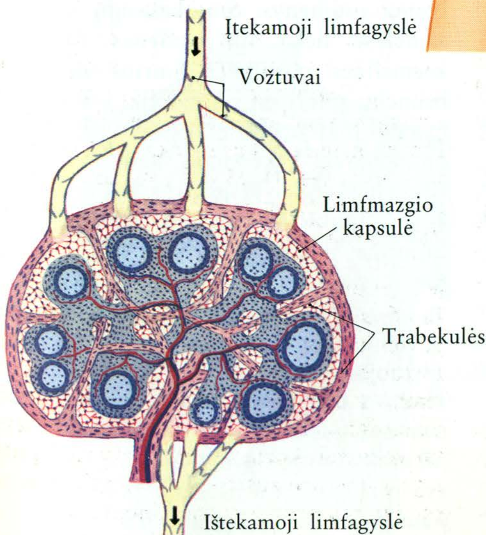
1. Plazmos ir audinių skysčio apykaita.



2. Limfiniai ir kraujo kapiliarai audinyje.

4. Limfinė sistema.



3. Limfmazgio sandara.

Kvėpavimas

a) iš aplinkos oras kvėpavimo takais srūva į plaučių alveoles (įkvėpimas);
b) per alveolių sieneles deguonis patenka į kraują;
c) kraujas perneša ir paskirsto deguonį visam organizmui;
d) ląstelės suvartoja deguonį (O_2);
e) ląstelėse išsiskiria anglies dioksidas (CO_2);
f) kraujas perneša anglies dioksidą (CO_2);
g) anglies dioksidas iš kraujo patenka į plaučių alveoles;
h) oras pašalinamas iš plaučių (iškvėpimas).

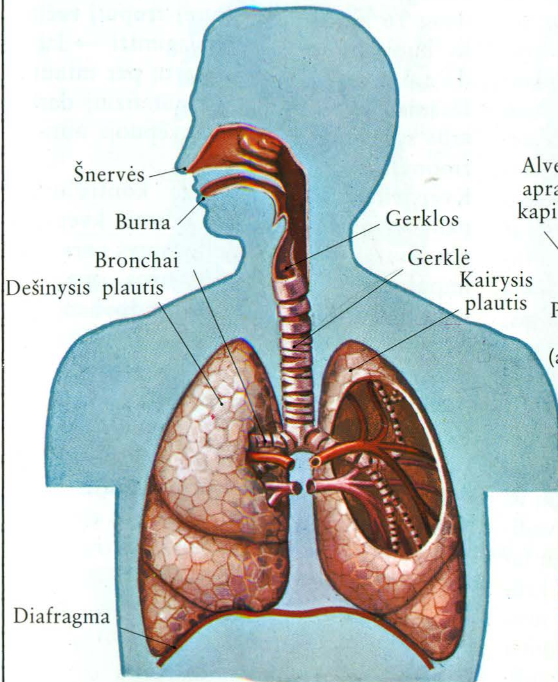
Deguonies suvartojimo ir anglies dioksido išskyrimo fazė ląstelėse vadinama vidiniu, arba *audinių, kvėpavimu* (šioje knygoje neaptariama).

Kvėpavimo organų sistema

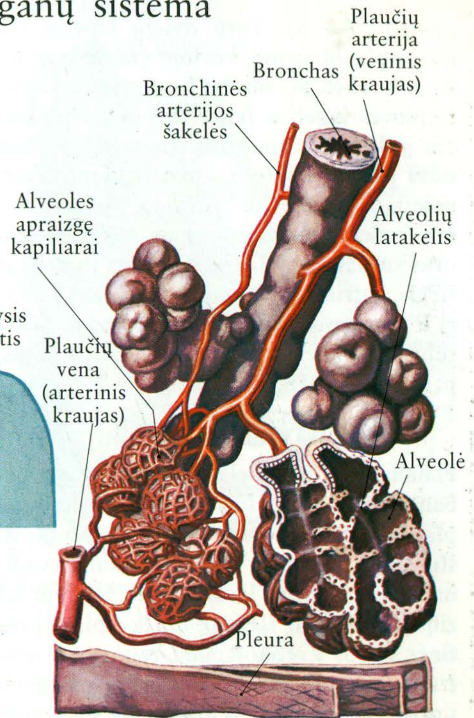
Kvėpavimas vyksta per kvėpavimo organus, kuriuos sudaro: *kvėpavimo takai, plaučiai* ir krūtinplėvė (→ 1). Kvėpavimo takai prasideda nosies ertme ir eina keliais kanalais, kurie išsišakodami baigiasi *plaučių alveolėse*, dar vadinamose „kvėpavimo kameromis“, nes per jų sieneles vyksta dujų apykaita tarp kraujo ir kvėpuojamojo oro. Iš išorės alveolės (→ 2) apraizgytos gausybės plaučių kraujagyslių kapiliarų. Įkvepiamas į plaučių alveoles oras turi būti švarus, atitinkamos temperatūros ir drėgmės, daugmaž pastovios cheminės sudėties. Antraip būtų pažeistos svarbios organizmo funkcijos. Pakeliui į plaučius oras iš tiesų apsivalo, sudrėksta ir sušyla. Kvėpavimo takai, kaip jau sakyta, prasideda **nosies** ertmės išorine atvara — *šnervėmis*, kurios gali išsiplėsti ir susiaurėti veikiamos veido mimikos raumenų (skersaruožiai šnervių aplinkos raumenys). Nosies ertmės gleivinėje esantys virpamojo epitelio plaukeliai išvalo orą nuo atmosferos dulkelių. Po gleivine yra platus kraujagyslių kapiliarų tinklas, todėl gleivinė sušildo įkvepiamą orą iki kūno temperatūros. Dviem nosinėmis ryklės angomis (choanomis) nosies ertmė susisiekia su **rykle**, kurioje kryžiuojasi kvėpavimo ir virškinimo takai. Žemiau ryklės yra **gerklos** ir **gerklė** (trachėja). Gerklos sudarytos iš atskirų kremzlių, susijungusių raiščiais, sąnariais ir raumenimis. Ryjant gerklos pakyla, įeiga į gerklas užsidaro antgerkliu. Gerklė susideda iš 16—20 kremzlinių lankų, kuriuos į vamzdelį jungia žiediniai raiščiai. Jos vidų dengia gleivinė. Joje daug gleives gaminančių liaukų. Gleivinę dengia virpamasis epitelis. Ties ketvirtuoju krūtinės slanksteliu trachėja suskyla į du pagrindinius, arba užplautinius, **bronchus**, kurie per plačią įdubą, vadinamą *plaučių vartais*, prasiskverbia į atitinkamą plautį ir daugybę kartų besišakodami smulkėja, siaurėja ir sudaro vadinamąjį *bronchų medį*. Didžiųjų bronchų struktūra panaši į gerklės, nes ir jų sieneles sudaro kremzliniai lankai, susijungę žiediniais raiščiais, ir lygieji raumenys. Smulkesniųjų bronchų sienelėse lieka tik pavienės nedidelės kremzlinės plokštelės, kurios siaurėjant bronchų spindžiui vis mažėja, kol visai išnyksta mažiausiuose atsišakojimuose — *bronchiolėse* (skersmuo apie 0,1 mm). Bronchiolių gleivinėje virpamąjį epitelį pakeičia plokščias kvėpuojamasis epitelis. Bronchai išsišakoja **plaučiuose**; tai organas, kuris užima beveik visą krūtinės ląstą, išskyrus centrinę jos dalį — *tarpuplautį*, kuriame yra širdis, stambiosios kraujagyslės, stemplė ir kt.

Plaučius dengia dvisluoksnė serozinė krūtinplėvė (*pleura*); vidinis jos lapelis, arba plautinė krūtinplėvė (*visceralinė pleura*), yra priaugusi prie išorinio plaučių paviršiaus, o antrasis, pasieninis lapelis (*parietalinė pleura*), dengia krūtinės ląstos vidinį

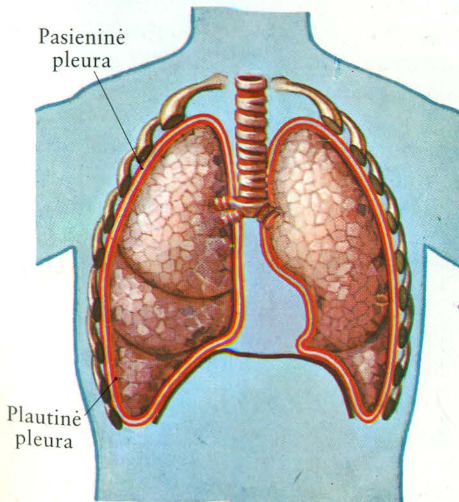
Kvėpavimo organų sistema



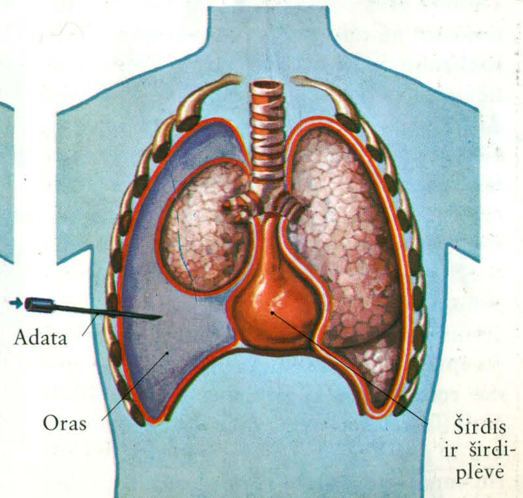
1. Kvėpavimo organų sistemos schema.



2. Plaučių alveolės ir smulkios kraujagyslės.



3. Pleuros lapeliai.



4. Dirbtinis pneumotoraksas.

paviršių (→ 3). Tarp dviejų lapelių yra krūtinplėvės ertmė, kurioje yra nedaug serozinio skysčio, nuolat „sutepančio“ krūtinplėvės lapelius ir palengvinančio plaučių judesius kvėpuojant. Jeigu dėl kokios nors priežasties (pvz., plyšus pleuros sienelei) oras patenka į uždarą pleuros ertmę, įvyksta *pneumotoraksas*; kaupdamasis oras suspaudžia plautį, sumažėja jo tūris ir slėgis, sutrinka veikla. Pneumotoraksas turi ir teigiamų savybių: kartais juo gydoma tuberkuliozė (dirbtinis pneumotoraksas, p. 23 → 4).

Kvėpavimo fiziologija

Plaučiai yra labai elastingas organas, gebantis išsiplėsti ir susitraukti. Išsiplėsdami plaučiai prisipildo oro, susitraukdami jį išstumia. Šių dviejų veiksmų visuma vadinama *kvėpavimu*. Jis susideda iš dviejų fazių: *įkvėpimo* ir *iškvėpimo*. Įkvepiant krūtinės ląstos kvėpuojamieji raumenys susitraukdami pakelia šonkaulius ir pastumia į priekį krūtinkaulį, o diafragma susitraukdama nusileidžia ir nustumia žemyn pilvo ertmės organus. Dėl to padidėja krūtinės ląstos tūris ir oro slėgis joje sumažėja. Tuomet oras srūva į plaučius (→ 1). Krūtininiam moterų kvėpavimui svarbesni yra šonkaulių judesiai, tuo tarpu kvėpuojantiems pilvu vyrams didesnės svarbos turi diafragma. Iškvėpimo fazė yra pasyvi, sąlygojama pirmiau susitraukusių raumenų atsipalaidavimo; krūtinės ląstos tūris mažėja, plaučiai susitraukia, ir oras iškvepiamas iš plaučių. Kaskart įkvepiama ir iškvepiama apie 500 cm^3 oro (kvėpuojamojo oro tūris), bet tam tikromis sąlygomis jis gali ženkliai padidėti. Smarkiai įkvepiama apie 2000—3000 cm^3 (įkvėpimo rezervas), o iškvepiama — apie 1000 cm^3 (iškvėpimo rezervas). Kvėpuojamojo oro ir įkvėpimo bei iškvėpimo rezervų tūrių suma vadinama gyvybine plaučių talpa ir lygi maždaug 4000— 4500 cm^3.

Suaugęs sveikas žmogus kvėpuoja maždaug 16 kartų per minutę; truputį rečiau kvėpuoja moterys, o naujagimiai — labai dažnai — apie 60—70 kartų per minutę. Dažniau kvėpuojama dirbant fizinį darbą arba sportuojant. Rečiau kvėpuoja nutukę žmonės.

Kvėpavimo organų veiklą kontroliuoja pailgosiose smegenyse glūdintis kvėpavimo centras (→ 4). Jame kylantys nerviniai impulsai perduodami nugaros smegenų segmentų priekinių ragų branduoliams, iš čia nugaros nervais sklinda į kvėpuojamuosius raumenis ir priverčia juos susitraukti; tokiu būdu įkvepiama.

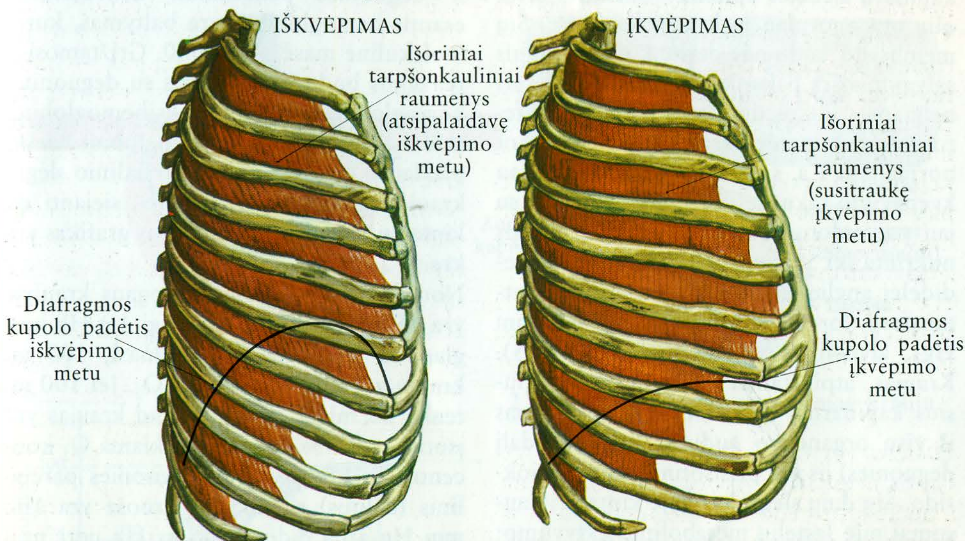
Reikia pastebėti, kad kvėpavimo centras reguliuoja tik įkvėpimo funkciją; iškvėpimą sąlygoja vien tik krūtinės ląstos tūrio sumažėjimas. Kvėpavimo centrui turi įtakos plaučių išsiplėtimo arba susitraukimo būklė. Iškvepiant susitraukiantys plaučiai sukelia nervinius impulsus, kurie dirgina kvėpavimo centrą; iš čia kylą nerviniai impulsai, skatinantys įkvėpimą. Kvėpavimo centrą dar reguliuoja ir esantis kraujyje anglies dioksidas. Padaugėjus ore CO_2, jo padaugėja ir kraujyje; tai sudirgina kvėpavimo centrą, dėl to padažnėja kvėpavimas. Didesnė nei 9% anglies dioksido koncentracija ore slopina kvėpavimo centrą, sutrikdo kvėpavimą. Taip pat svarbūs yra receptoriai, reaguojantys į deguonies mažėjimą kraujyje ir siunčiantys impulsus į kvėpavimo centrą.

Kaskart įkvepiant krūtinės ląstos tūris yra reguliuojamas. Receptoriai reaguoja į slėgį plaučiuose, kurie, pamažu ištuštėdami, pasiruošia įkvėpimui. Šie impulsai, klajokliais nervais pasiekę kvėpavimo centrą, jį slopina, dėl to įkvėptas oras pasyviai iškvepiamas.

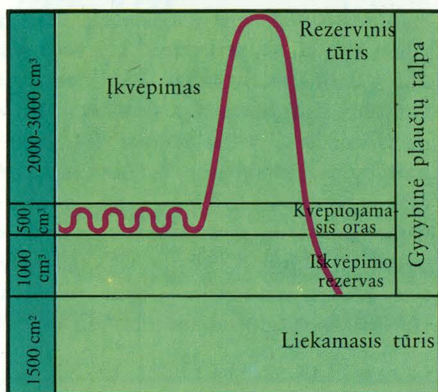
Dujų apykaita plaučiuose. Dujų perėjimas per membranas priklauso nuo jų laidumo ir dujų parcialinio slėgio. Dvi labai plonos membranos — alveolių sienelės epitelis ir



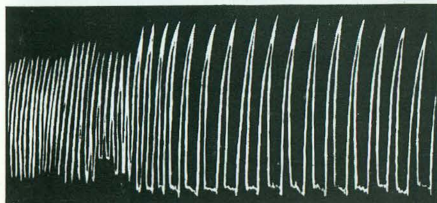
Kvėpavimo fiziologija



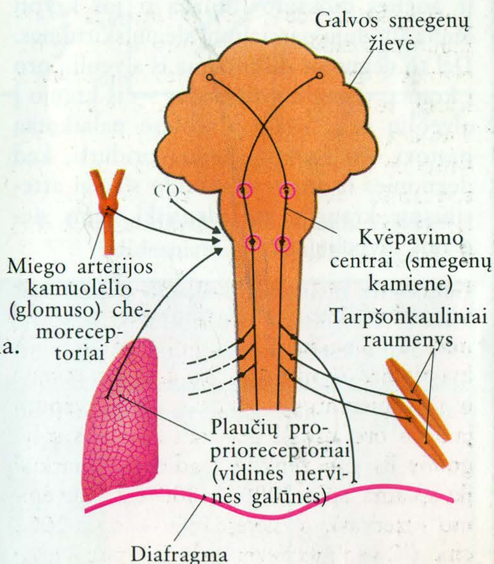
1. Šonkaulių judesiai kvėpavimo metu.



2. Kaskart įkvepiamo ir iškvepiamo ir smarkiai iškvepiamo oro tūrio diagrama.



3. Kvėpavimo judesiai perpjovus klajoklius nervus: kvėpavimas tampa gilesnis ir retesnis.



4. Kvėpavimo reguliavimo schema.

kapiliarų sienelės epitelis — atskiria alveolių orą nuo plaučių kraujo kapiliarų. Šių membranų laidumas dujoms normaliomis sąlygomis yra pakankamai didelis ir neturi neigiamos įtakos dujų apykaitai. Atmosferos ore deguonies parcialinis slėgis, esant normaliam 1 a. s., yra 160 mm Hg; tačiau kvėpavimo takuose deguonis susimaišo su jau panaudotu oru, ir alveolėse jo slėgis nukrinta iki 100 mm Hg. Esant net ir nedidelei anglies dioksido koncentracijai atmosferos ore (parcialinis slėgis 0,3 mm Hg), alveolių ore jo esti 5,5% (→ 5). Kraujas, atplūstantis į alveoles apraizgiusius kapiliarus, yra veninis; atitekėdamas iš visų organizmo audinių (atidavęs dalį deguonies) jis yra prisisotinęs anglies dioksido. Šių dujų slėgis kraujyje kinta priklausomai nuo ląstelių metabolinio aktyvumo: deguonies — 40 mm Hg, anglies dioksido — 46 mm Hg. Tuo tarpu alveolėse deguonies slėgis yra apie 100 mm Hg, anglies dioksido — 40 mm Hg. Deguonies ir anglies dioksido difuziją ir jos kryptį lemia šių dujų parcialinių slėgių skirtumas. Dėl to deguonis difunduoja iš alveolių oro į kraują, o anglies dioksidas — iš kraujo į alveolių orą. Šitaip alveolėse palaikoma pastovi oro sudėtis. Reikia pridurti, kad deguonies ir anglies dioksido slėgiai arteriniame kraujyje yra identiški šiems slėgiams alveolių ore.

Deguonies ir anglies dioksido pernešimas krauju. Deguonies koncentracija kraujyje yra šimtą kartų didesnė, nei galėtų būti plazmoje, atsižvelgiant į šių dujų tirpumą. Tai sąlygoja ypatingas hemoglobino (Hb) ir deguonies panašumas. Eritrocituose esantis hemoglobinas yra baltymas, kurio molekulinė masė — 67 000. Grįžtamosios reakcijos būdu jungdamasis su deguonimi hemoglobinas virsta oksihemoglobinu (HbO_2). Jame esančio hemoglobino kiekis priklauso nuo deguonies parcialinio slėgio kraujo kapiliaruose. Funkcija, siejanti du kintamuosius, nėra tiesinė; jos grafikas yra kreivė (→ 3).

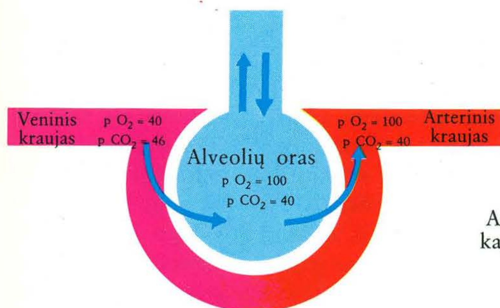
Normaliomis sąlygomis žmogaus kraujyje yra 15 g Hb/100 ml. Kadangi 1 g Hb jungiasi su 1,34 mg O_2, vadinasi, 100 ml kraujo geba pernešti 20 ml O_2. Jei 100 ml tenka 20 ml O_2, sakoma, kad kraujas yra įsotintas 100%. Šitaip išreiškiama O_2 koncentracija kraujyje. Kai deguonies parcialinis (dalinis) slėgis kapiliaruose yra 100 mm Hg arba didesnis, visas Hb pereina į HbO_2; tokiu būdu kraujas, atplūdęs į plaučius, maksimaliai prisisotina O_2. Dalyvaujant CO_2, HbO_2 atskyrimo kreivė pasistumia į dešinę ir, kadangi CO_2 kiekis plaučiuose ir audiniuose yra skirtingas, nė viena pavaizduotų → 2 kreivių nesiejama su fiziologinėmis sąlygomis; normali kreivė eina iš taško *A* į tašką *B*, o tai padeda organizmui perduoti audiniams daugiau deguonies. Kraujyje ištirpęs CO_2 su vandeniu sudaro chemiškai labai nepatvarią H_2CO_3, kuri tuoj skyla į H^-CO_3 ir H^+:



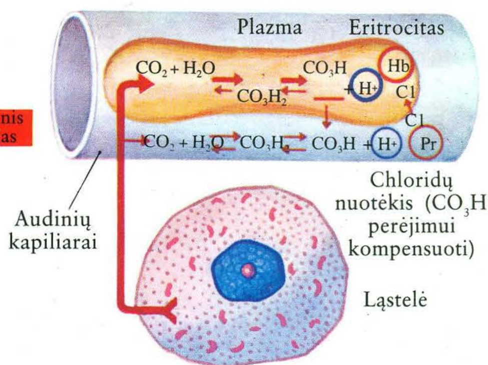
$$CO_2 + H_2O \leftrightarrows H_2CO_3 \leftrightarrows H^-CO_3 + H^+.$$

Pagal masės veikimo dėsnį reakcija pasistums į dešinę (vadinasi, fiksuos didžiausią CO_2 kiekį), kai kuris nors iš galutinių produktų pasišalins iš tirpalo (→ 2).

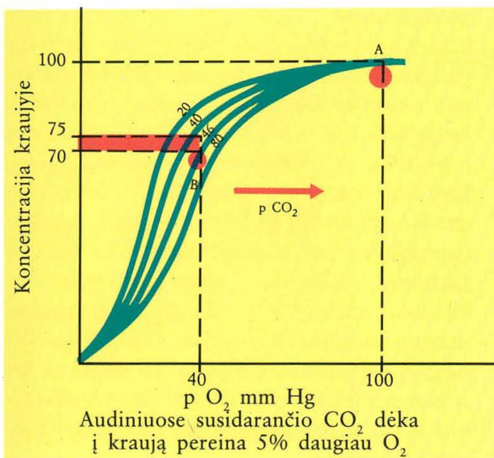
Dujų apykaita



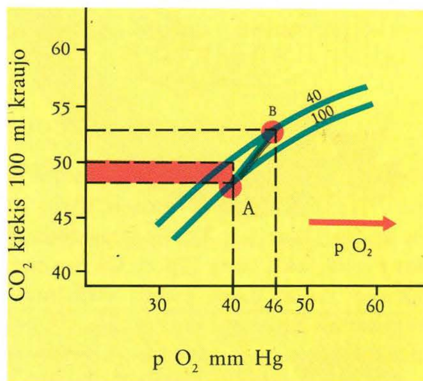
1. Dujų apykaita plaučių alveolėje.



2. Anglies dioksido pernešimas krauju.



3. Oksihemoglobino skilimo grafikas.



4. CO_2 atidavimas plaučiams veikiant didesniam p O_2 slėgiui.

Dujos	Atmosferos oras		Alveolių oras		Arterinis kraujas	Veninis kraujas
	%	mm Hg	%	mm Hg	mm Hg	mmHg
O_2	20,94	159,1	14,2	101	100	40
CO_2	0,04	0,3	5,5	39	40	46
N_2	79,02	600,6	80,3	573	573	573
Iš viso	100,00	760,0	100,0	713	713	659

5. Kvėpuojamųjų dujų parcialiniai slėgiai.

Virškinimas

Žmogaus augimą, jo ląstelių atsinaujinimą skatina ir visų organų veiklai būtiną energiją atstato mityba, kuomet organizmas aprūpinamas maisto medžiagomis. Kad suvalgomas maistas būtų tinkamai panaudotas ir atliktų savo funkcijas, jis turi būti visokeriopai perdirbamas; šis procesas vadinamas *virškinimu*. Maistas perdirbamas virškinamajame trakte, kuriame yra daugybė liaukų, atsiveriančių atskirais latakais arba iš gleivinės paviršiaus. Liaukos išskiria tam tikras chemines medžiagas, padedančias apdoroti nurytą maistą ir jį įsiurbti. Taigi virškinimas yra nenutrūkstamas biologinis procesas, per kurį mechaniškai susmulkintas maistas chemiškai suskaidomas iki paprastesnių junginių, gebančių rezorbuotis.

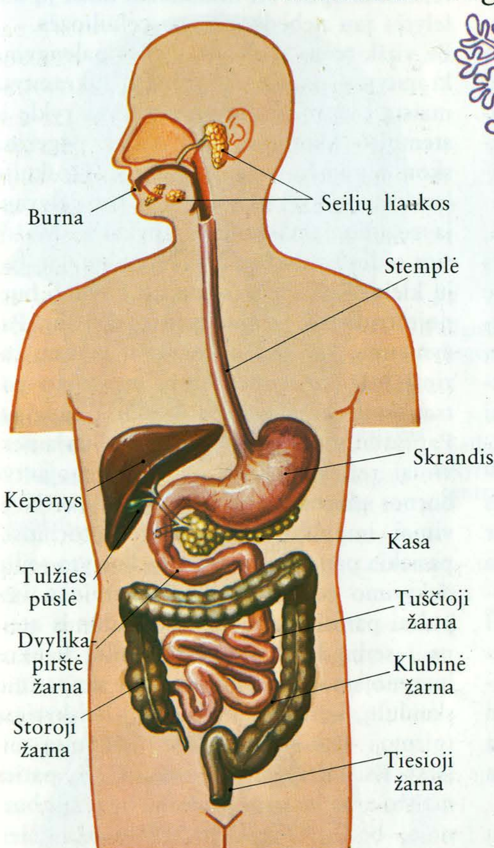
Virškinimo organų sistema

Virškinamasis traktas — tai kanalo pavidalo, įvairaus ilgio, formos ir tūrio organų kompleksas (→ 1). Jis prasideda *burnos plyšiu*, kurį supa lūpos. Už burnos yra burninė *ryklės* dalis, esanti virškinimo ir kvėpavimo sistemų sankryžoje. Iš ryklės maistas patenka į *stemplę*. Stemplė taip pat yra gan ilgo vamzdžio pavidalo. Ji jungia ryklę su *skrandžiu*, labiausiai išsiplėtusiu virškinimo sistemos organu. Jo pavidalas kinta priklausomai nuo suvartoto maisto ir individualių žmogaus savybių, taip pat nuo gretimų organų būklės. Per *prievarčio angą* (→ 3), apie kurią gausiai telkiasi žiedinės raumeninės skaidulos, skrandis susisiekia su *žarnynu*. Žarnynas skiriamas į dvi pagrindines dalis: *plonąją žarną* (apie 6 m ilgio) ir *storąją žarną* (1,5—2 m ilgio). Plonoji žarna savo ruožtu skirstoma į dvylikapirštę, tuščiąją ir klubinę žarnas. Į dvylikapirštę žarną atsiveria dviejų svarbių liaukų — *kasos* ir *kepenų* — latakai bei daugybė pačios dvylikapirštės žarnos latakų. Plonosios žarnos pabaigoje *klubinė žarna* per *klubinę* aklosios žarnos *angą* susisiekia su storąja žarna, kuri prasideda *akląja žarna*. Už jos yra gan ilga gaubtinė žarna, kurios dalis dešiniajame pilvo ertmės šone vadinama *kylančiąja gaubtine žarna*. Ties apatiniu kepenų paviršiumi ji užlinksta kairėn ir nusitęsia kaip *skersinė gaubtinė žarna*, kuri kairėje, ties blužnimi, dar kartą linksta ir leidžiasi žemyn, virsdama *nusileidžiančiąja gaubtine* bei *riestine žarna*. Storosios žarnos gale yra *tiesioji žarna*. Ši atsidaro į išorę *išeinamąja anga*, kurią supa raumeninis raukas (sfinkteris). Žarnyno vidinį paviršių dengia gleivinė. Tai žiedinės *žarnų* gleivinės *raukšlės* ir *žarnų* gleivinės *gaureliai*, kurie įsiurbia maisto medžiagas. Iškildami į paviršių jie padidina įsiurbiamąjį plotą. Storojoje žarnoje virškinimas silpsta, joje dar įsiurbiamas vanduo, druskos ir kai kurios kitos maisto medžiagos. Čia veisiasi žarnyno mikroflora, sintetindama kai kuriuos vitaminus ir skaidydama įvairias maisto medžiagas. Išmatos, kurios pašalinamos per išeinamąją angą, susidaro ne tik iš nesuvirškinto maisto, bet ir iš virškinimo metu atsirandančių medžiagų bei žarnyno bakterijų.

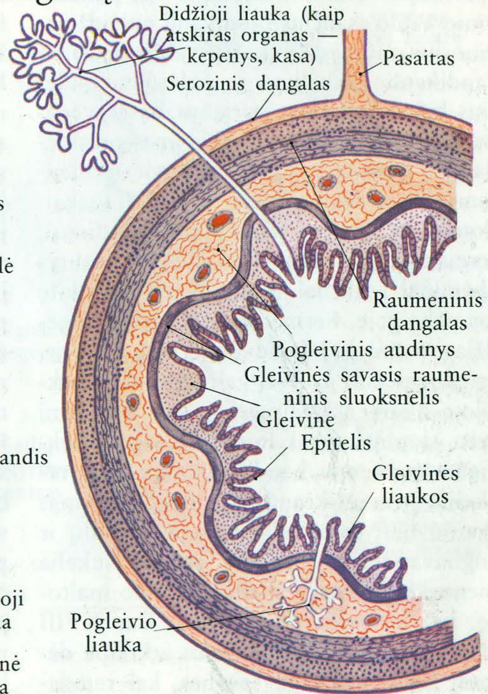
Kramtymas ir rijimas

Maisto kramtymas yra pirmasis virškinimo aktas. Jį atlieka dantys, kurie atkanda, susmulkina ir mechaniškai sutrina maistą, o liežuvis ir žandai stumdo jį burnos ertmėje, suvilgydami seilėmis ir suformuodami kąsnį. Pats kramtymas, kuriame dalyvauja du glaudžiai susiliečiantys dantų lankų paviršiai, reguliuojamas nervinių centrų, esančių smegenų smilkinių skilčių žievėje ir pailgosiose smegenyse. Iš pastarųjų prasideda galviniai nervai, inervuojantys raumenis (kramtomąjį, smilkininį,

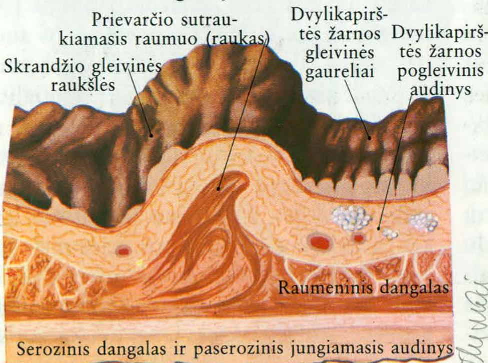
Virškinimo organų sistema



1. Virškinimo organų sistemos schema.



2. Virškinimo sistemos struktūra.



3. Skrandžio prievarčio sutraukiamojo raumens (rauko) pjūvis.

Sultys	Fermentai	Substratas	Galutiniai produktai
Seilės	Ptialinas	Amidas	Maltozės dekstrinai
Skrandžio sultys	Pepsinas	Baltymai	Proteazė, peptonai
	Druskos rūgštis	Kazeinogenas	Kazeinas
Kasos sultys	Tripsinas	Baltymai	Aminorūgštys
	Lipazė	Riebalai	Rieb. rūgštys, glicerinas
	Amilazė	Amidas	Maltozė
	Disacharazė	Disacharidai	Monosacharidai
Žarnų sultys	Enterokinazė	Tripsinogenas	Tripsinas
	Peptidazė	Polipeptidai	Aminorūgštys
	Amilazė	Amidas	Maltozė
	Lipazė	Riebalai	Rieb. rūgštys, glicerinas

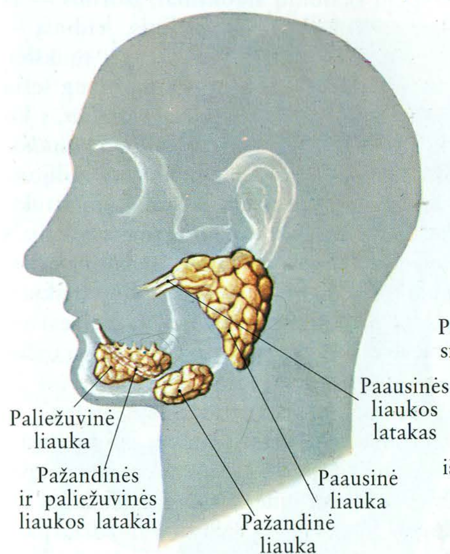
4. Dalyvaujančių virškinime fermentų lentelė.

sparninį — vidinį ir išorinį ir virš paliežuvinio kaulo esančius žandikaulį nuleidžiančiuosius raumenis), kurie valdo apatinio žandikaulio pakėlimo ir nuleidimo judesius bei jo judėjimą horizontalia ar vertikalia kryptimi. Maisto skaidymas prasideda jau burnos ertmėje, veikiant fermentams, kurių dėka maistas chemiškai suskaidomas ir ląstelių įsiurbiamas. Vadinasi, fermentai yra katalizatoriai, talkinantys cheminei reakcijai ir išliekantys nepakitę jos pabaigoje. Fermentas įsiskverbia į medžiagos molekulę, padeda ją suskaidyti ir, atsiskyręs nuo jos, vėl gali dalyvauti reakcijoje. Fermentai suyra tik ilgai veikdami arba slopinami toksinių medžiagų. Kiekvienas fermentas katalizuoja tam tikrą reakciją: pvz., skrandžio sulčių pepsinas skaido baltymus, neveikdamas riebalų ir angliavandenių; druskos rūgštis sukelia pieno koaguliaciją; maltazė skaido maltozę, bet ne sacharozę, ir t. t. Dar XVIII amžiuje Lazzaro Spallanzanis atkreipė dėmesį į šių medžiagų savybes, kai remdamasis savo eksperimentais nustatė, kad virškinamą maistą chemiškai apdoroja skrandžio sultys, kuriose vėliau buvo rasta daug fermentų.

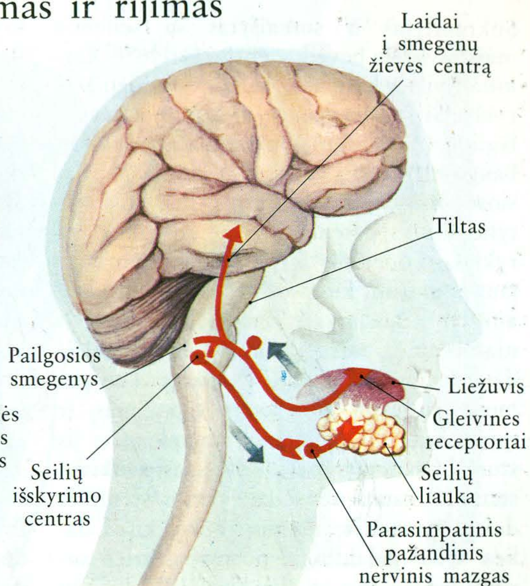
Į burnos ertmę atsiveria daug seilių liaukų latakėlių (→ 1). Svarbiausios yra paausinės, paliežuvinės ir pažandinės seilių liaukos. Jos išskiria *seiles*, kurių sudėtyje yra vandens (98,7%), neorganinių (0,8%) ir organinių (0,5%) medžiagų. Neorganinės medžiagos, chloridai, aktyvina amilazę; bikarbonatai ir fosfatai padeda išlaikyti seilių pH artimą neutraliam. Tarp organinių medžiagų yra mucino ir fermentų, kurių svarbiausias yra *ptialinas*, hidrolizės būdu skaidantis krakmolą iki dekstrino ir maltozės. Šie fermentai tampa neveiklūs skrandyje veikiami skrandžio sultyse esančios druskos rūgšties. Fermentinė ptialino veikla efektyviausia, kai burnos ertmės pH yra artimas neutraliam. Geriau skaidomi termiškai apdoroti krakmolai, kada jų dalelytės jau nebedengiamos celiuliozės.

Be virškinimo funkcijos, seilės palengvina kramtymą, padeda suformuoti sukramtytą maistą į kąsnį, jį nuryti, paslidina ryklę ir stemplę. Manoma, kad seilės pagerina skonio pojūčius, saugo dantis. Troškulio jautimas rodo, kad seilės taip pat dalyvauja reguliuojant vandens apykaitą. Mažosios seilių liaukos seiles gamina nuolat, bet jų kiekis kinta ir nuo maisto buvimo burnoje trukmės, ir nuo maisto savybių. Pažymėtina, kad ilgiau kramtant maistą, turintį mažiau vandens arba ne tokio patrauklaus skonio, seilių išsiskiria daugiau. Paprastai seilių išsiskyrimą reguliuoja nerviniai refleksai, iš pradžių inervuojantys burnos gleivinę ir skonio spenelius. Nerviniai impulsai, kylantys receptoriuose, pasiekia pailgąsias smegenis, kur yra seilių išskyrimo centras, iš kurio nerviniai impulsai parasimpatinėmis skaidulomis ateina į seilių liaukas (→ 2). Seilių liaukos inervuojamos parasimpatinių ir simpatinių skaidulų, kurios skatina seilių išsiskyrimą (pirmoji veikia intensyviau). Impulsą seilėms išsiskirti gali sukelti ne tik paties maisto arba maisto medžiagų buvimas burnoje, bet ir regimieji arba uodžiamieji įvaizdžiai, su maistu susiję prisiminimai. Seilių liaukos savo išvaizda panašios į vynuogių kekes ir išskiria nevienodos sudėties skystį. Paausinių liaukų sekretą sudaro labai skystos seilės, turinčios ptialino; paliežuvinių liaukų seilės labai lipnios dėl jose esančio mucino, tačiau jose nėra ptialino; pažandinių liaukų seilės mišrios, nes turi ir ptialino, ir mucino. Paausinės liaukos latakas atsiveria burnos prieangyje prie viršutinio II-jo krūminio danties; paliežuvinės liaukos neturi atskiro latako seilėms ištekėti, kadangi kiekvieną liauką sudaro 15—30 liaukučių, kurių beveik kiekviena turi savo latakėlį; pažandinės liaukos latakas atsiveria greta liežuvio pasaitėlio.

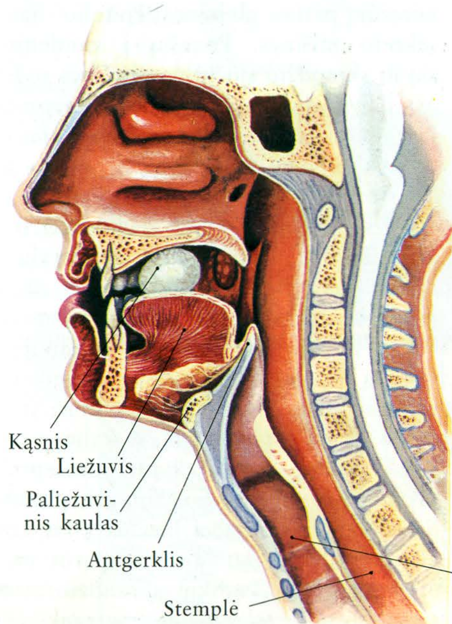
Kramtymas ir rijimas

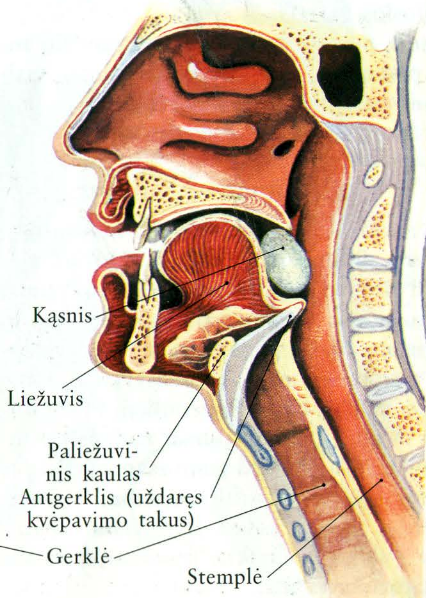


1. Seilių liaukos.



2. Seilių išsiskyrimo refleksas.





3. Rijimas.

Sukramtytas ir sumaišytas su seilėmis maistas virsta beveik vientisa tyrele — *kąsniu*. Ryjant kąsnis iš burnos stumiamas į ryklę. Ši stumia maistą virškinimo kanalu lygiųjų (nevalingų) raumenų susitraukimų bangomis, kurių veiklą reguliuoja pailgosiose smegenyse esantis centras. Sukramtytas kąsnis patenka į ryklę susitraukiant ryklės raumenims ir pasikeliant minkštajam gomuriui, kuris užtveria maistui kelią aukštyn į nosiaryklę. Pasikėlus paliežuviniam kaului, nusileidžia antgerklis, neleidžiantis maistui patekti į gerklas. Tuo pat metu trumpam nutrūksta kvėpavimas, ir ryjamas kąsnis patenka į stemplę. Čia jis stumiamas žemyn periodiškai susitraukiant stemplės raumenims: kai vienos stemplės dalies raumenys yra susitraukę, kitos dalies — atsipalaiduoja; po to pastarieji susitraukia — ir t. t. Šie kirmėliški lygiųjų raumenų susitraukimai vadinami *peristaltika*. Prasidėjusi stemplėje peristaltika slenka per visą virškinimo kanalą iki pat tiesiosios žarnos.

Kąsnis, perėjęs stemplę, per įskrandžio angą patenka į skrandį. Peristaltiniai susitraukimai prieš pat skrandį sulėtėja, kol atsidaro įskrandžio angos raumenys.

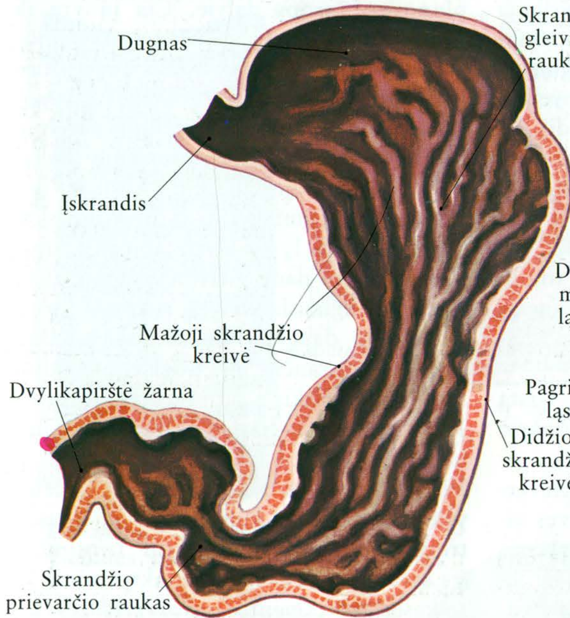
Virškinimas skrandyje

Jo trukmė kinta priklausomai nuo nuryto maisto savybių ir kiekio (pavyzdžiui, riebalai slopina druskos rūgšties išsiskyrimą, kartu ir visą virškinimą): vidutinei maisto porcijai suvirškinti reikia apie 4—5 valandų, per kurias maistas intensyviai apdorojamas mechaniškai ir chemiškai. Peristaltiniai raumenų susitraukimai padeda skrandžiui gerai sumaišyti jame esantį maistą ir periodiškai maistą dalimis stumti į dvylikapirštę žarną. Tačiau ir tuščiame skrandyje vyksta intensyvūs susitraukimai, kai žmogus jaučia alkį.

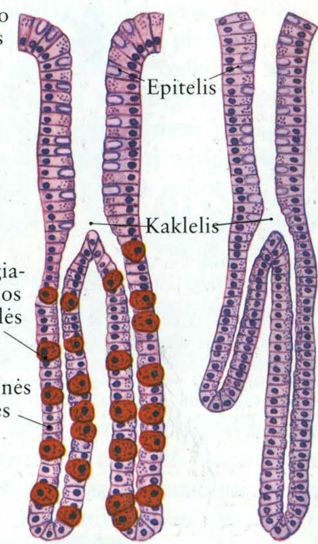
Skrandžio sienelė susideda iš kelių sluoksnių. *Raumeninę* sudaro trys skirtingų krypčių skaidulų sluoksniai: išorinis — išilginis, vidurinis — žiedinis, vidinis — įstrižinis. Skrandžio vidų dengia raukšlėta *gleivinė*. Tarp raukšlių yra maždaug šešiakampio pavidalo *skrandžio ploteliai*, į kurių įdubas atsiveria *skrandžio liaukos*. Skrandžio dugno gleivinėje yra milijonai vamzdinių paprastųjų ir sudėtinių liaukų; jos atsiveria į skrandžio ertmę latakėliais, kurių angos yra matomos gleivinės paviršiuje (→ 3). Šių liaukų ląstelės (išskyrus keletą pridėtinių, gaminančių gleives) yra dviejų rūšių: *pagrindinės ląstelės*, esančios skrandžio gleivinės gilesnėje dalyje (→ 2), gaminančios proenzimą pepsinogeną, ir *dengiamosios*, netaisyklingai išsidėsčiusios virš pirmųjų; jos gamina druskos rūgštį. Prievarčio gleivinės liaukos, skirtingai nei dugno liaukos, yra šakoto vamzdžio pavidalo ir turi ilgesnį ištekamąjį latakėlį.

Liaukų sekrecijos produktas, arba *skrandžio sultys*, yra skirtingos sudėties visų minėtų ir paties gleivinės epitelio liaukų sekreto mišinys. Panašių į vandeningą skystį skrandžio sulčių pagrindinės sudėtinės dalys yra *druskos rūgštis* ir *pepsinas*. Fermentas pepsinas skaido stambiąsias netirpias baltymų molekules į tirpesnius skilimo produktus — *peptonus*. Pepsiną gamina skrandžio gleivinės liaukų pagrindinės ląstelės; jis išskiriamas neaktyviu — *pepsinogeno* pavidalu, o druskos rūgštis paverčia jį aktyviuoju pepsinu. Pepsinas vėliau ir pats gali aktyvinti pepsinogeno virtimą pepsinu. Druskos rūgštis veikia ne tik kaip pepsinogeno aktyvatorius: ji suteikia terpei rūgštingumą, reikalingą pepsino veikimui. Be to, ji turi antiseptinių savybių, atrastų jau Spallanzani, pastebėjusio, kad mėsos gabalėliai, paveikti druskos rūgštimi, ilgiau buvo atsparūs puvimui. Žindomų kūdikių skrandžio sultys turi fermento *chimozino*, sutraukiančio pieną ir tokiu būdu leidžiančio jam ilgiau išbūti skrandyje, kad pieno baltymus galė-

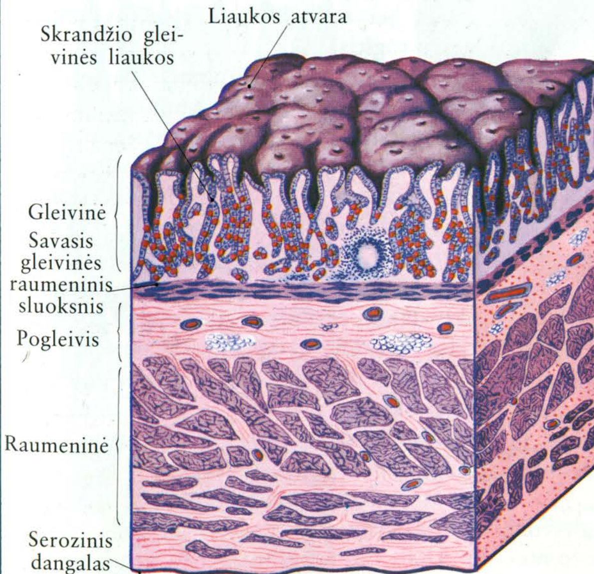
Virškinimas skrandyje



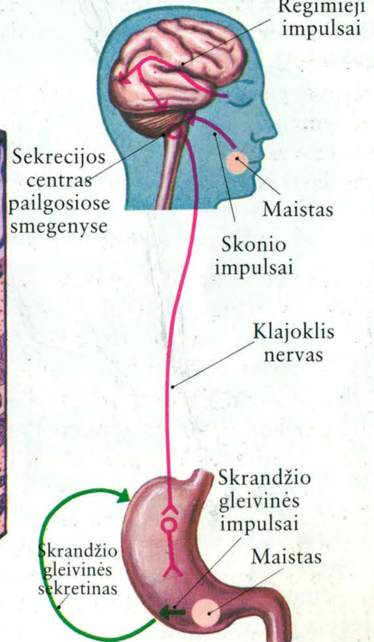
1. Išilginis skrandžio pjūvis.



2. Skrandžio liaukos: *kairėje* — dugno, *dešinėje* — prievarčio.



3. Trimatis skrandžio sienelės pjūvis.



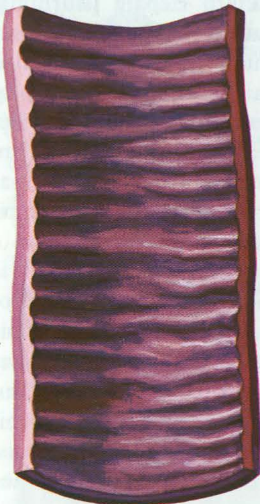
4. Skrandžio sulčių išsiskyrimo procesas.

tų suskaidyti pepsinas. Skrandžio sultyse dar yra ir lipazės, kurios veikla apsiriboja nežymiu riebalų virškinimu, ir mucino, kuris ne tik vilgo gleivinę, bet ir gina ją nuo druskos rūgšties ir pepsino poveikio (kurie galėtų suvirškinti patį skrandį).
Skrandžio sultys ima gamintis pavalgius, taip pat užuodus maistą ar išalkus. Tuo momentu skrandžio sulčių išsiskyrimą skatina klajokliai nervai (p. 33 → 4). Kai maistas patenka į skrandį, sekreciją stimuliuoja ir hormonas gastrinas, išskiriamas prievarčio gleivinės, šiai liečiantis su virškinamu maistu.
Kai suvirškintas skrandyje maistas virsta balkšva skysta tyrele, vadinama *chimusu,* suintensyvėja skrandžio peristaltika ir maistas stumiamas iš skrandžio. Prievarčio raumenų raukas (sfinkteris), buvęs visą laiką uždaras, veikiamas peristaltinės bangos slėgio atsipalaiduoja. Skrandis lėtai tuštėja, chimusas slenka bangomis, kurios, tyrelei patekus į dvylikapirštę žarną, paskatina užsidaryti prievarčio rauką.

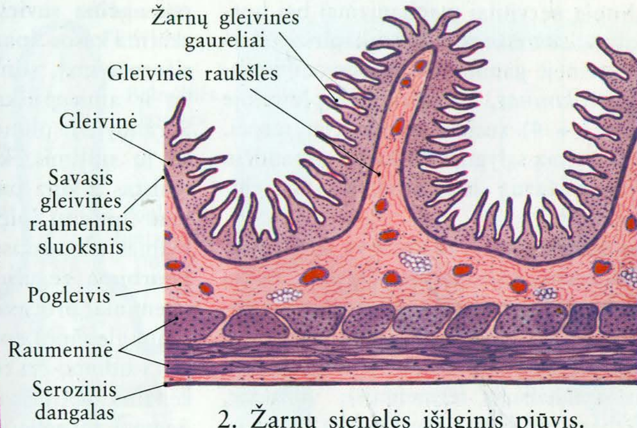
Virškinimas plonojoje žarnoje, storosios žarnos veikla

Skrandyje maistas susimaišo su skystomis bespalvėmis labai rūgščios reakcijos skrandžio sultimis. Jos skaido baltymus į peptonus, padeda skaidyti riebalus, sunaikina daug mikrobų, sutraukia pieną, perdirbdamos kazeinogeną į kazeiną. Čia iš dalies įsiurbiamos kai kurios maisto medžiagos.
Pagrindinis virškinimo procesas vyksta plonojoje žarnoje, nes čia yra visi fermentai, kurie baigia virškinti maistą. Fermentus išskiria ne tik žarnų gleivinės liaukos, bet ir kasa, kepenys, kurių produktai jų ištekamaisiais latakais išsilieja į dvylikapirštę žarną.
Jau žinote, kad plonosios žarnos gleivinę dengia gaureliai, kurie įsiurbia maisto medžiagas; kuo toliau nuo skrandžio prievarčio, tuo gleivinės gaurelių daugėja. Ypač daug jų yra klubinėje žarnoje, ilgiausioje plonosios žarnos dalyje. Čia jų yra iki 1000 kvadratiniame centimetre (storojoje žarnoje gaurelių nėra). Kiekvienas gaurelis susideda iš žarnos gleivinės išaugos, dengiamos epitelinio ląstelių sluoksnio. Gaurelyje yra šiek tiek raumeninių skaidulų, jungiamojo audinio, kuriame yra kraujagyslių, limfagyslių ir nervinių skaidulų (p. 37 → 1, 2). Dvylikapirštės žarnos gleivinėje yra daug gleivinės liaukų, išskiriančių daugiausia gleives, o kitose žarnos dalyse yra daugybė vamzdinių-pūslelinių liaukų, nutįstančių ir į pogleivinį audinį. Šios liaukos išskiria šarmines **žarnų sultis**. Jose yra gleivių ir daug fermentų, kurie baigia virškinti maisto medžiagas.
Vienas svarbiausių žarnų sulčių fermentų yra *enterokinazė*, kuri neaktyvųjį (kasos) tripsinogeną paverčia aktyviu *tripsinu*, o šis savo ruožtu katalizuoja aktyvinimą kitų kasos profermentų: *endopeptidazės*, kuri suskaido baltymų molekulių vidaus ryšius, *egzopeptidazės*, skaidančios išorinius ryšius, bei *nukleazės*, skaidančios nukleinines rūgštis.
Esant chimusui dvylikapirštėje žarnoje, jos gleivinė išskiria dar ir hormonus — *sekretiną*, skatinantį hidrokarbonatų ir kasos sulčių sekreciją, slopinantį gastrino sekreciją skrandyje; *pankreoziminą-cholecistokininą*, skatinantį fermentų sekreciją kasoje, tulžies pūslės susitraukimą (todėl daugiau tulžies išteka į dvylikapirštę žarną) ir aktyvinantį žarnų peristaltiką. Be to, gaurelių liaukinių ląstelių išskiriami fermentai skaido disacharidus: laktozę į gliukozę ir galaktozę, maltozę — į dvi gliukozės molekules, sacharozę — į gliukozę ir fruktozę.
Šiuos virškinimo metu vykstančius tarpusavyje susijusius procesus reikėtų aptarti atskirai. Chimusas susimaišo ne tik su žarnų, bet ir su **kasos sultimis**, kurios išteka į dvylikapirštę žarną dviem latakais: kasos

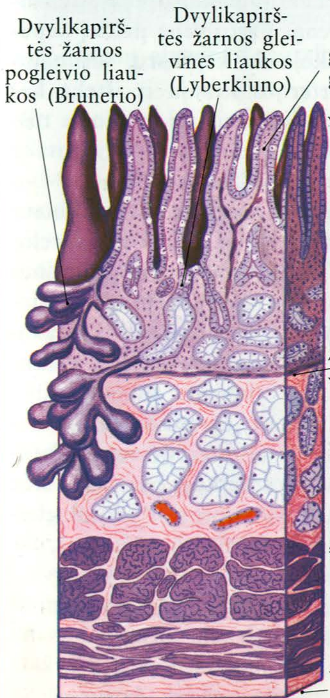
Virškinimas žarnose



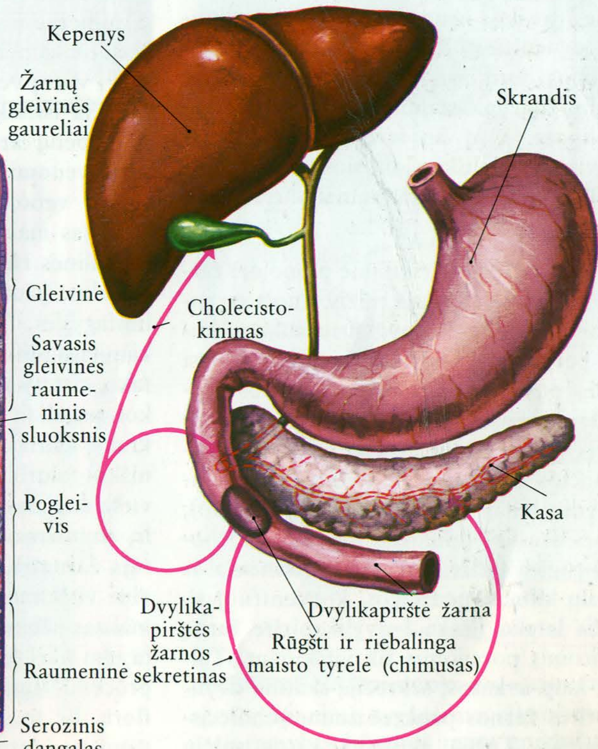
1. Žarnų gleivinės žiedinės raukšlės.



2. Žarnų sienelės išilginis pjūvis.



3. Trimatis dvylikapirštės žarnos pjūvis.



4. Kasos sulčių ir tulžies sekrecijos procesas.

ir pridėtiniu kasos lataku. Kasos sekreciją reguliuoja nerviniai mechanizmai bei hormonai — *sekretinas* ir dvylikapirštės žarnos gleivinėje gaminamas *pankreoziminas-cholecistokininas*, išsiskiriantis plonojoje žarnoje (→ 4) susidarius rūgščiai terpei. Jo išsiskyrimą sąlygoja kaskart iš skrandžio į plonąją žarną ištekantis rūgštus chimusas.

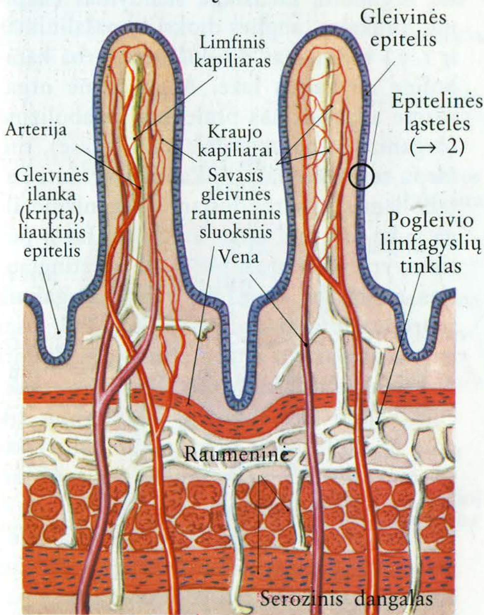
Kasos sultyse yra trys svarbūs fermentai: jau minėtasis *tripsinogenas*, kuris, žarnų enterokinazės paverstas aktyviuoju tripsinu, veikia baltymus ir peptonus, redukuodamas juos į aminorūgštis (junginius su kitais minėtaisiais fermentais); *amilazė*, perdirbanti ptialino nesuskaidytą krakmolą į disacharidus; ir *lipazė*, skaidanti neutraliuosius riebalus (į riebiąsias rūgštis ir gliceriną). Lipazės veikla priklauso nuo tulžies druskų: neutralieji riebalai susijungia su tulžies druskomis, sudarydami smulkius darinius, kurių tarpinėje fazėje junginį riebalai—vanduo gali paveikti kasos lipazė. Visų šių fermentų veiklą palengvina kirmėliški plonosios žarnos peristaltikos judesiai, gerai sumaišantys žarnų turinį.

Maisto medžiagų virškinime plonojoje žarnoje aktyviai dalyvauja **tulžis**, nuolatos gaminama kepenyse. Daugiausia tulžies, kurios per parą išsiskiria apie 1 l, kaupiasi tulžies pūslėje; čia ją papildo pačios pūslės liaukų išskiriamos gleivės, vanduo per pūslės sienelę neabsorbuojamas, o tulžį sudarančios medžiagos, t. y. tulžies pigmentai (bilirubinas, susidaręs iš hemoglobino), tulžies druskos (glikocholinės ir taurocholinės rūgšties natrio druskos), fermentai ir riebalų kilmės medžiagos, koncentruojasi. Tulžis lataku išteka į dvylikapirštę žarną atskiromis porcijomis tik virškinant. Tulžies, kaip ir kasos, sekreciją skatina dvylikapirštės žarnos pankreoziminas-cholecistokininas. Tulžis aktyvina kasos sulčių virškinamąją veiklą, kasos lipazę, neutralizuoja chimuso druskos rūgšties poveikį, palengvina suvirškintų riebalų įsiurbimą, skatina kasos lipazės veikiamų junginių susiformavimą, stimuliuoja žarnų peristaltiką ir antiseptiškai veikia žarnyno florą. Skrandyje ir plonosiose žarnose susimaišęs su jų sultimis, kasos sultimis ir tulžimi maistas tampa panašus į pieną ir vadinamas chimusu (pieno sultimis), kuris įsiurbiamas plonosiose žarnose.

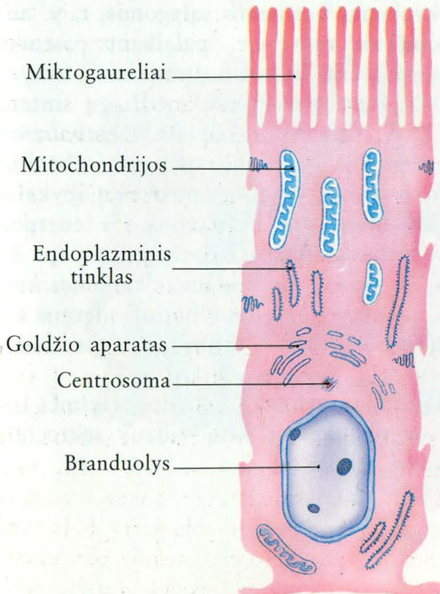
Įsiurbimą reguliuoja ne tik fizikiniai ir cheminiai procesai, bet ir žarnų, ypač plonųjų, gleivinės epitelio savybės. Reikšmingas vaidmuo čia tenka žarnų gleivinės gaureliams. Ritmiškai pailgėdami ir sutrumpėdami gaureliai spartina chimuso įsiurbimą į kraujagyslių ir limfagyslių kapiliarus. Kraujagyslės įsiurbia aminorūgštis, monosacharidus, gliceriną ir vitaminus, vandenį ir mineralines druskas, kurios patenka į kraujotaką per žarnų pasaito venas, įtekančias į **vartų veną**. Vartų vena įteka į kepenis, čia išsišakoja iki kapiliarų, susimaišo su kepenų arterijos krauju ir išteka kepenų venomis. Šios baigiasi apatinėje tuščiojoje venoje, pernešdamos į kraujotaką įsiurbtas maisto medžiagas.

Riebalines rūgštis, susidariusias virškinant riebalus, įsiurbia žarnų gleivinės gaurelių limfagyslės. Toliau limfa teka į limfinio kamieno pradžioje esantį praplatėjimą, latako cisterną ir krūtininį limfinį lataką, kol pagaliau kaklo srityje įteka į veninį kraują kairiajame veniniame kampe. Laipsniškai įsiurbiamame chimuse mažėja suvirškintų maisto medžiagų, turinys tirštėja ir, stumiamas peristaltikos, pereina į **storąją žarną**. Kadangi storosios žarnos gleivinė virškinamųjų fermentų negamina, čia maistas nebevirškinamas. Tačiau joje vyksta tam tikri fermentacijos, rūgimo ir irimo procesai, kuriuos sąlygoja žarnų bakterinė flora. Be to, storojoje žarnoje dar vyksta vandens rezorbcija, todėl žarnų tyrė, sudaryta iš nesuvirškintų ir neįsiurbtų

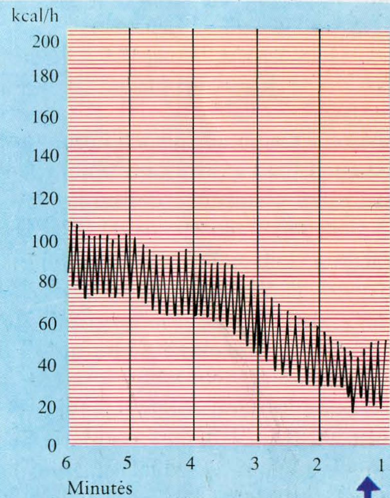
Įsiurbimas ir medžiagų apykaita

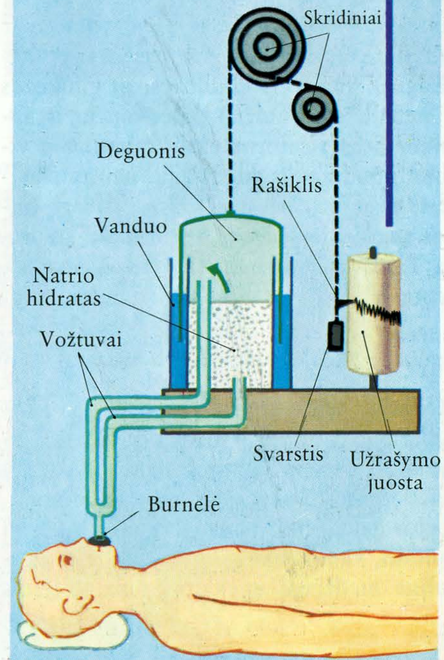


1. Žarnų gleivinės gaurelių struktūra.



2. Plonosios žarnos gleivinės epitelio ląstelė (elektronomikroskopinis vaizdas).





3. Aparatas organizmo eikvojamai ramybės būsenos metu energijai nustatyti (deguonies suvartojimas reiškiamas kcal/h).

medžiagų, gleivių, žarnų gleivinės epitelio ląstelių, mikrobų, vis tirštėja ir virsta išmatomis.

Kepenys

Kepenys — stambiausia virškinimo organų sistemos liauka, sverianti apie 1,5 kg. Jos yra pilvo viršutinėje dešiniojoje pusėje, po diafragma (p. 39 → 1). Tai ištisa laboratorija, kurioje perdirbama daugiausia žarnyno įsiurbtų maisto medžiagų, atnešamų į kepenis vartų venos. Čia patenka ir įvairių organizmo ląstelių apykaitos produktai.

Svarbiausios kepenų funkcijos yra šios: a) aminorūgščių, reikalingų sudaryti baltymams (ląstelių citoplazmai, plazmos baltymams), sintezė; b) albuminų (svarbiausių plazmos baltymų ir kt.) sintezė; c) globulinų (krešėjimo faktoriai, fermentai ir kt.) sintezė; d) glikogeno (rezervinės medžiagos) sintezė iš gliukozės; e) gliukozės ir riebalų apykaita; f) patenkančių iš aplinkos arba susiformavusių organizmo viduje nuodingųjų medžiagų neutralizavimas; g) cholesterino, iš kurio susidaro tulžies rūgštys ir druskos, ir bilirubino sintezė. Tai du patys svarbiausi tulžies komponentai.

Medžiagų apykaita

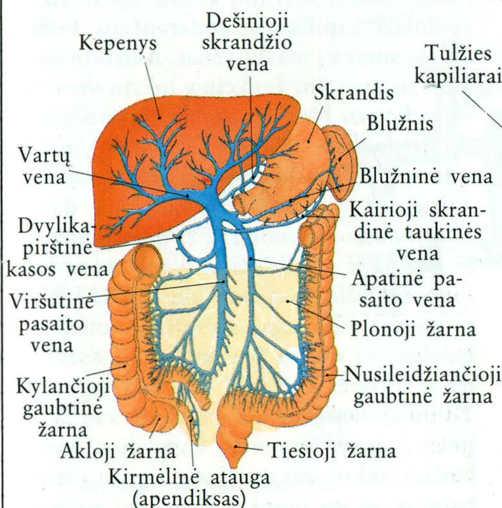
Medžiagų apykaita yra cheminių ir biologinių reakcijų, vykstančių organizme, visuma. Tai lemia gyvybę. Nenutrūkstamas maisto perdirbimas į organines medžiagas, kurios galėtų būti panaudojamos energijai gaminti, vadinamas *asimiliacija*, arba anaboline medžiagų apykaitos faze; tolesnis šių organinių medžiagų skaidymas (šlapimo, prakaito, anglies dioksido pašalinimas ir t. t.) vadinamas *disimiliacija*, arba kataboline apykaitos faze. Augančiame organizme anabolizmas pralenkia katabolizmą (organizmas auga, didėja kūno masė), tuo tarpu senatvėje laipsniškai ima vyrauti katabolizmas. Subrendusiame organizme ilgą laiką esti tam tikra šių dviejų fazių pusiausvyra. Toli gražu ne visas sudėtingiausias medžiagų apykaitos reakcijas galima reprodukuoti laboratorijoje; pvz., tik visai neseniai pavyko susintetinti (pagaminti dirbtiniu būdu) baltymus. Visas šias reakcijas vykdo fermentai (jų žinoma dar tik apie 25 000), kurie savo ruožtu gali veikti tik tam tikromis sąlygomis (katalizatoriai, terpės rūgštingumas ir kt.).

Normali medžiagų apykaita užtikrina žmogaus organizmo vidaus terpės (skysčių cheminės sudėties, temperatūros ir kt.) pastovumą, arba *homeostazę*.

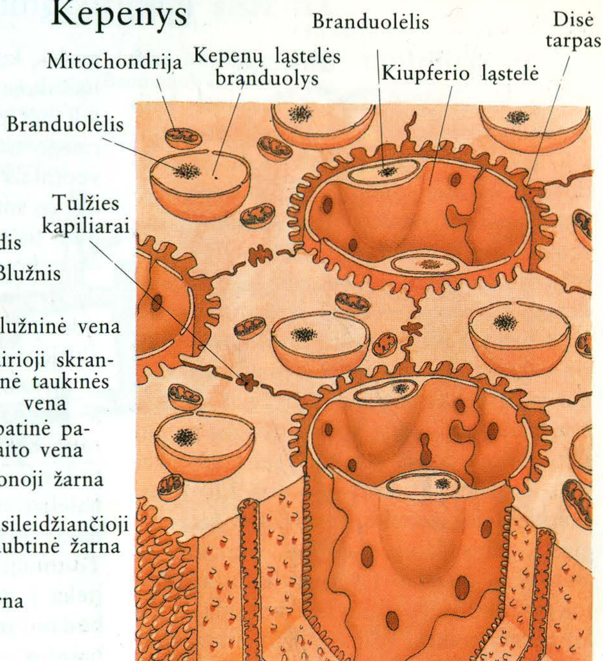
Minimalus energijos kiekis, organizmo išeikvojamas bazinėmis sąlygomis, t. y. absoliučioje ramybėje, palaikant pastovią temperatūrą, širdies susitraukimus, kvėpavimą, įvairių cheminių medžiagų sintezę ir t. t., vadinamas *baziniu metabolizmu* (pagrindine medžiagų apykaita). Absoliučios ramybės sąlygomis medžiagų apykaita atitinka ląstelių kvėpavimą. Ši energija apskaičiuojama specialia aparatūra (p. 37 → 3); žinant suvartojamo deguonies kiekį, amžių ir kūno masę būtina energija atskiram individui nustatoma per laiko vienetą.

Medžiagų apykaitai didžiulės reikšmės turi skydliaukės ir kitų vidaus sekrecijos liaukų veikla.

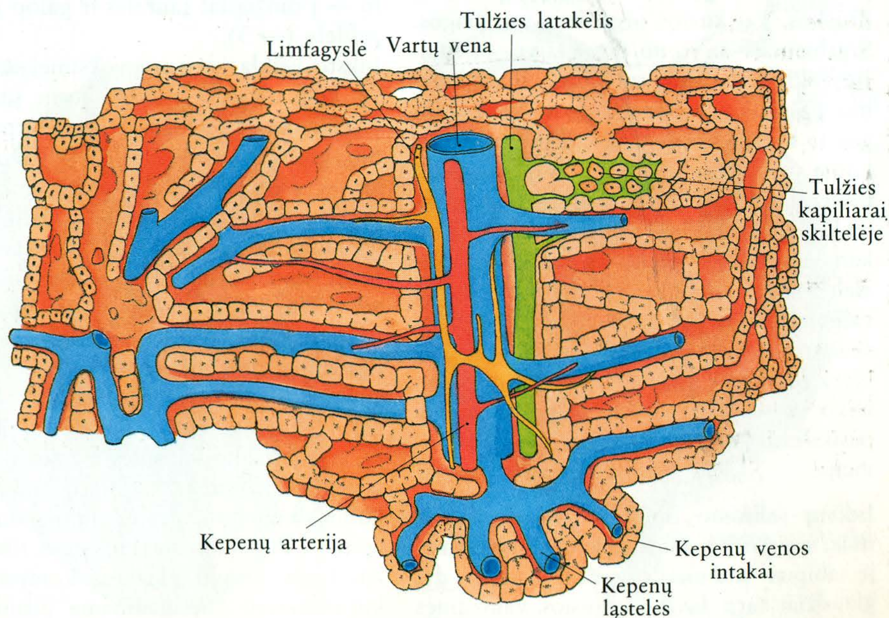
Kepenys



1. Vartų venos sistemos schema.



2. Kepenų mikrostruktūra.



3. Kepenų makroskopinė struktūra.

Šalinimas

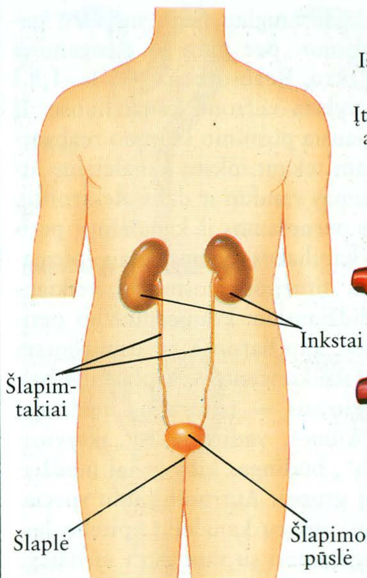
Šalinimo funkcija

Ankstesniuose skyriuose sužinojome, kaip organizmas visą laiką santykiauja su aplinka: ima iš jos maisto medžiagas, jas skaido, kai kuriuos apykaitos produktus naudoja naujoms medžiagoms sintetinti, nereikalingas medžiagas šalina. Organinės maisto medžiagos — baltymai, angliavandeniai ir riebalai — per fermentines reakcijas suskyla iki galutinių produktų, iš kurių organizmui yra ne tik nenaudingų, bet dažnai ir kenksmingų medžiagų. Kraujo ir limfiniais kapiliarais šios medžiagos patenka į kraują, kuris jas išnešioja į atitinkamus organus. Iš kraujo, kuris filtruojasi per kapiliarų sieneles, susidaro atskiri junginiai, pavyzdžiui, šlapimas, prakaitas ir kt. Šalina plaučiai (svarbius dujų apykaitos produktus, ypač anglies dioksidą), virškinamasis traktas (tulžies pigmentus, sunkiuosius metalus, karbonatus, šlapalą). Su prakaitu iš organizmo šalinamas vanduo, druskos, kai kurios organinės medžiagos. Svarbiausias *šalinimo organas* yra **inkstai**. Jie išskiria šlapimą, su kuriuo iš organizmo pašalinamos nenaudingos, kenksmingos ir kt. medžiagos. Be to, inkstai reguliuoja vandens, rūgščių ir šarmų, daugelio mineralinių medžiagų pusiausvyrą. Elektrolitų pusiausvyra reguliuojama inkstų kanalėliuose reabsorbcijos metu. Svarbus elektrolitas yra natris, viena sudėtinių valgomosios druskos dalių. Jeigu inkstuose sutrinka šio cheminio elemento pusiausvyra, esant jo pertekliui organizme susilaiko skysčiai, o gausiai su prakaitu jam pasišalinus gali įvykti organizmo dehidratacija.

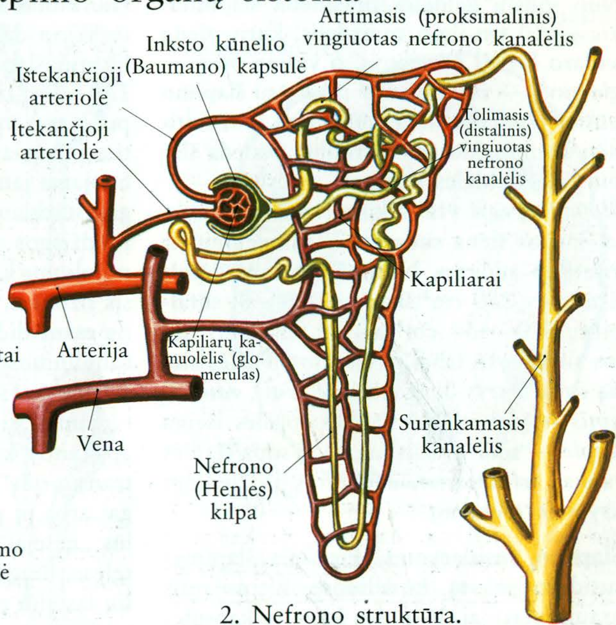
Inkstų šalinimo funkcija. Inkstus, porinius, simetriškai išsidėsčiusius pilvo ertmėje abipus stuburo organus, sudaro dvi glaudžiai tarp savęs susijusios vamzdinės sistemos (→ 1). **Pirmoji** yra inksto kraujagyslės, kurios, išeidamos iš inkstų arterijų, išsišakoja ir galop sudaro kapiliarų kamuolėlį bei peritubulinius kapiliarus. Šie apraizgo inkstų nefronų kanalėlius ir virsta veniniais kapiliarais, sudarančiais venas, kurios suteka į inkstų venas. **Antroji** vamzdinė sistema yra funkcinis inkstų vienetas — *nefronas*. Nefroną sudaro inksto kūnelio dvisluoksnė *kapsulė* (*Baumano*), iš kurios ertmės prasideda *nefrono kanalėliai*. Skiriamos trys nefrono kanalėlių dalys: 1) *artimasis vingiuotasis*, 2) *nefrono (Henlės) kilpa* ir 3) *tolimasis vingiuotasis nefrono kanalėlis*. Nefrono kilpa įeina į inksto šerdinę medžiagą, o abu vingiuotieji kanalėliai yra inksto žievėje (→ 2). Kiekviename inkste yra apie milijoną nefronų. Tolimieji vingiuotieji nefrono kanalėliai įteka į surenkamuosius kanalėlius, kurie, būdami inkstų piramidėse, jungiasi į stambesnius — speninius latakus. Šie atsiveria į vieną mažųjų taurelių, kurios savo ruožtu — į didžiąsias taureles ir galop į inksto geldelę (→ 3).

Inksto veiklą geriau suvoksime, išanalizavę, kaip inkstų kanalėliai susiję su inksto kraujotaka. Nuo inkstų žievės tarpskiltelinių arterijų prasideda daug šoninių šakų — *įtekančiųjų arteriolių*, kurios įsiskverbia į kiekvieno inksto kūnelio kapsulės įdubimą ir sudaro kapiliarų kamuolėlį. Iš jų susidaro *ištekančioji arteriolė*, kuri vėl skyla į kapiliarus, apraizgančius nefrono kanalėlius. Kraujo kapiliarų kamuolėlis, glomerulas, įlinkęs į kūnelio kapsulę, vadinamas *nefrono* (*Malpigijaus*) *kūneliu* (→ 4). Kraują, tekantį kūnelio kapiliaruose, nuo kūnelio kapsulės ertmės skiria du ląstelių sluoksniai: kapiliarų endotelis ir kubinis kūnelio kapsulės vidinio sluoksnio epitelis. Per šiuos du sluoksnius filtruojasi kai kurie kraujo plazmos komponentai, kurie sudaro taip vadinamą pirminį šlapimą.

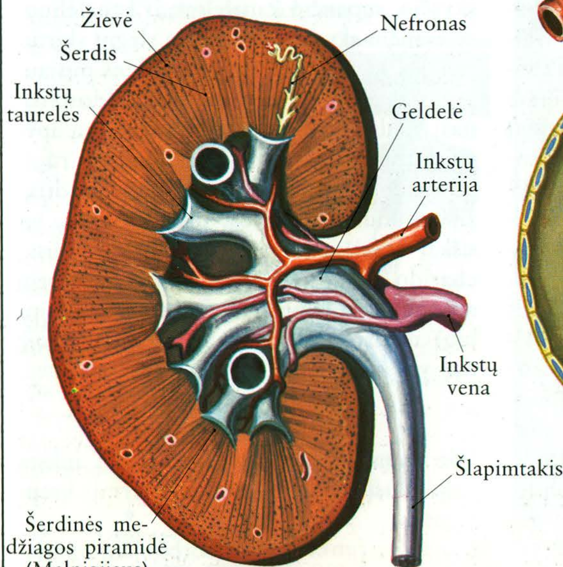
Šlapimo organų sistema



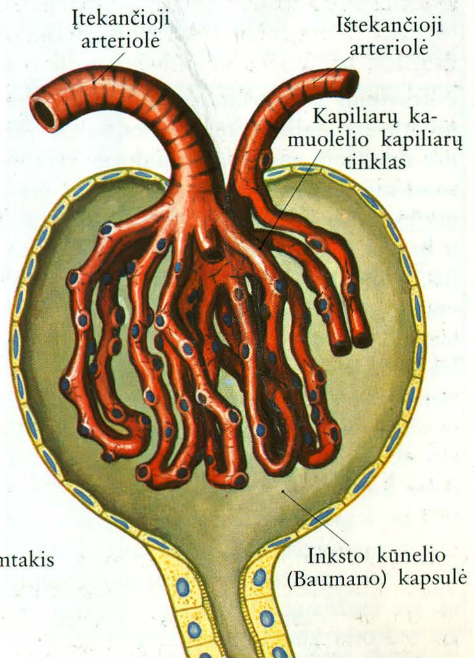
1. Šlapimo organų sistema.



2. Nefrono struktūra.



3. Inksto pjūvis.



4. Inksto kūnelio kapiliarų kamuolėlio (glomerulo) sandaros schema.

Nuo inkstų geldelės prasideda šlapimtakis — 30 cm ilgio vamzdelis, kurio sieną sudaro lygieji raumenys, o vidinę pusę — gleivinė, — sujungiantis inkstą su šlapimo pūsle, esančia dubens ertmėje. Peristaltiniai šlapimtakio susitraukimai padeda šlapimui iš geldelės nutekėti į pūslę. *Šlapimo pūslė* yra laikina šlapimo talpykla, kurios siena sudaryta iš raumeninio ir elastinio audinio. Normaliomis sąlygomis ji talpina 250 cm^3 šlapimo, bet gali sutalpinti 350—450 cm^3 ar net daugiau, nes jos sienos yra labai paslankios. Pūslės sieną sudaro trys dangalai: *serozinis*, *raumeninis* ir *gleivinė*. Iš šlapimo pūslės išeina *šlaplė* — siauras kanalas, kurį supa šlaplės raukas (sfinkteris), sudarytas iš žiedinės krypties raumenų.

Šlapimo susidarymas. Pirminis šlapimas susidaro inkstų kūneliuose filtruojantis kraujo plazmai. Iš inkstų kūnelio kapsulės šis skystis nuteka į nefrono kanalėlius, kur koncentruojasi kartu vykstant ir kanalėlių sekrecijai.

Filtravimas glomeruluose. Glomerulų kapiliarų endotelis ir kūnelio kapsulės vidinio sluoksnio epitelis yra laidus beveik visoms medžiagoms, kurių molekulinė masė mažesnė nei 65 000. Jis filtruoja vandenį ir beveik visus kraujo plazmos komponentus, išskyrus baltymus. Filtravimo intensyvumas priklauso nuo kraujospūdžio glomerule, kuris yra daug didesnis nei kapsulės ertmėje, ir skysčių tekėjimą kūnelio kapiliaruose stabdančių veiksnių: iš vienos pusės — plazmos baltymų osmosinio slėgio, iš kitos — skysčių slėgio nefrono kūnelio kapsulėje. Kraujospūdis inkstų glomerulų kapiliaruose yra apie 90 mm Hg; osmosinis slėgis, t. y. jėga, kuria koloidinės struktūros sulaiko absorbuotą vandenį, yra maždaug 25 mm Hg; vidutinis slėgis nefrono kūnelio kapsulės ertmėje yra apie 15 mm Hg.

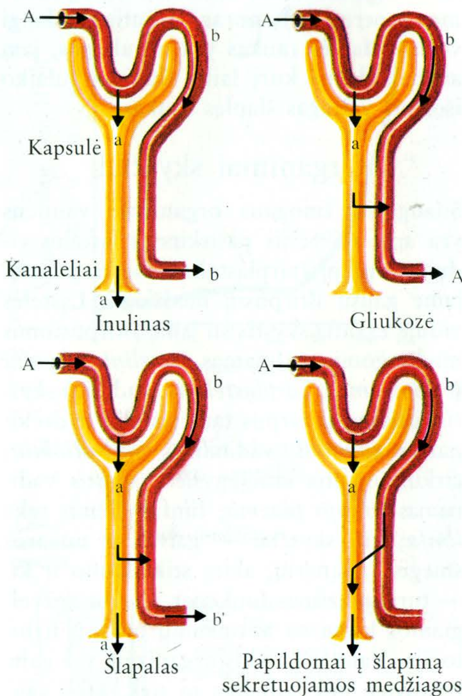
Įsiurbimas kanalėliuose. Pirminio šlapimo išsiskiria daug daugiau negu susidaro galutinio šlapimo: per parą jo pasigamina 150—180 litrų. Reabsorbcija (iki 1—1,8 l per parą) vyksta nefrono kanalėliuose. Iš tiesų daugiausia pirminio šlapimo reabsorbuojama jam tekant inkstų kanalėliais; atgal įsiurbiamas vanduo ir dalis elektrolitų. Medžiagos pernešamos iš kanalėlių į peritubulinius kapiliarus dviem būdais: pirmasis fizikinis, difuzijos ir osmozės, veikiantis esant didžiausiam kraujospūdžiui peritubuliniuose kapiliaruose ir osmosiniam slėgiui čia susikoncentravus plazmos baltymams; antrasis — natūralios medžiagų apykaitos kilmės, vadinamasis „aktyvusis transportas“, būdingas kiekvienai medžiagai arba jų grupei. Antruoju būdu specialūs „nešėjai“ inkstų kanalėlių epitelio ląstelėse, jungdamiesi su tam tikra medžiaga šių ląstelių paviršiuje, perneša ją į kitą ląstelės pusę (→ 2). Taip reabsorbuojami gliukozė, aminorūgštys, baltymai ir dauguma elektrolitų. Vadinasi, aktyviau šios medžiagos įsiurbimas sąlygojamas audinių skysčio, supančio kanalėlius, ir kanalėliuose esančio skysčio osmosinių slėgių skirtumo (→ 3). Be to, iš dalies vandens pusiausvyrą reguliuoja ir hormonai (aldosteronas). Galutiniai, nereikalingi baltymų apykaitos produktai — šlapalas, šlapimo rūgštis ir kt. — reabsorbuojami pasyviai difuzijos būdu. Kai kurios, pvz., inulinas, visiškai negrįžta į kraują (→ 1). Šio polisacharido $(C_6H_{10}O_5)_n$, rezervinės kai kurių augalų (topinambų, artišokų šakniagumbių) medžiagos, vaidmuo inkstų veikloje dar yra tiriamas.

Inkstų funkcija

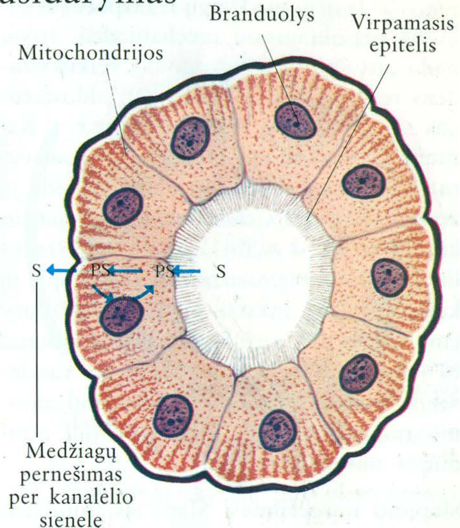
Filtravimą glomeruluose skatina į inkstą priplūdusio kraujo kiekis ir arterinis kraujospūdis.

Kanalėlių funkcijas reabsorbuojant vandenį ir natrio jonus reguliuoja endokrininė

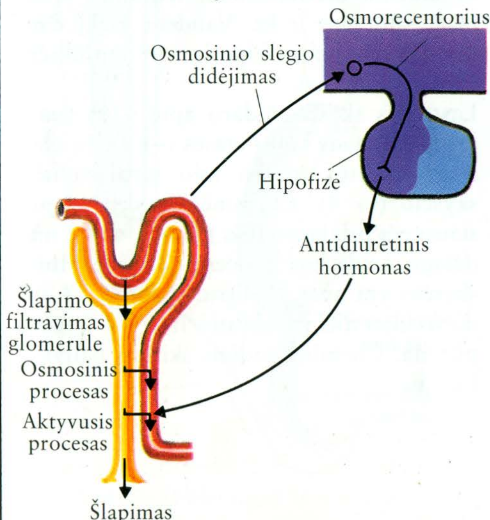
Šlapimo susidarymas



1. Nefrono funkcijos kai kurių medžiagų atžvilgiu. Schema.



2. Inksto kanalėlio skersinis pjūvis: aktyvusis medžiagų transportas.



3. Vandens reabsorbcijos schema.

Medžiagos	Koncentra-cija plazmoje	Koncentra-cija šlapime	Koncentra-cija inkste
Vanduo	90–93	95	–
Baltymai, riebalai	7–9	0	–
Gliukozė	0,1	0	–
Šlapalas	0,03	2	60
Šlapimo rūgštis	0,003	0,05	17
Kreatininas	< 0,001	0,1	> 100
Na	0,32	0,35	1
K Ca	0,02 0,008	0,15 0,015	7 2
Mg	0,0025	0,006	2
Cl	0,37	0,6	2
PO_4	0,009	0,27	30
SO_4	0,004	0,16	40

4. Kraujo plazmos ir šlapimo cheminė sudėtis.

sistema. Įvairių medžiagų transportą reguliuoja nepriklausomi mechanizmai; tokiu būdu antidiuretinis hormonas veikia vandens reabsorbciją (p. 41 → 3), aldosteronas — natrio jonų reabsorbciją ir t. t. Kai sutrinka mineralinių medžiagų pusiausvyra, hipofizės liaukos hormonai padeda ją atstatyti. Tas pats tinka ir cirkuliuojančio kraujo (t. y. skysčio) kiekiui, kurį reguliuoja *renino-angiotenzino sistema* (apie ją kalbėta p. 18). Inkstai dalyvauja reguliuojant kraujo pH, atrinkdami hidrokarbonato jonus, pakeisdami natrio jonus vandenilio jonais ir prireikus sudarydami amonio radikalus (NH_4^+) iš organizmui nuodingo amoniako.

Šlapimo nutekėjimas. Šlapimas, nuolatos susidarantis inksto kūnelyje, teka nefronų kanalėliais, surenkamaisiais kanalėliais ir suteka į inksto geldelę. Peristaltiniais šlapimtakių judesiais šlapimas iš geldelės į šlapimo pūslę periodiškai (kas 3—6 min.) stumiamas bangomis. Paslankūs pūslės lygieji raumenys išsitempia didėjant pūslės tūriui ir kylant slėgiui jos viduje. Pūslės siena maksimaliai ištempiama, kai joje susikaupia 400—500 ml šlapimo (→ 1).

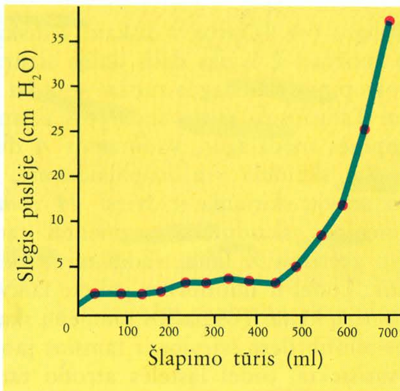
Kai pūslė esti tiek prisipildžiusi, sudirginami jos sienos nerviniai receptoriai. Čia kylantys nerviniai impulsai pasiekia nugaros smegenų kryžminius segmentus ir sužadina parasimpatinius neuronus, iš kurių prasidedančios skaidulos inervuoja šlapimo pūslės ir vidinio šlaplės rauko (sfinkterio) raumenines skaidulas; pūslės sienos raumenys susitraukia ir atsipalaiduoja išorinis valingas šlaplės raukas. Kai iš receptorių einantys nerviniai impulsai pasiekia aukštesniuosius centrinės nervų sistemos centrus, kyla noras šlapintis. Kadangi vidinis šlaplės raukas yra nevalingas, jam atsipalaidavus kurį laiką šlapimą sulaiko išorinis valingas šlaplės raukas.

Organiniai skysčiai

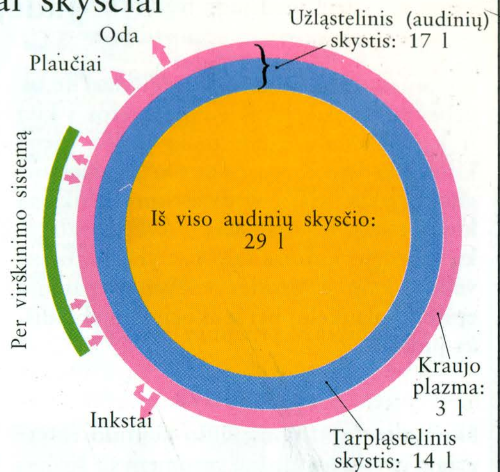
Suaugusio žmogaus organizme vandens yra apie 65%; jis pasiskirstęs ląstelių viduje ir už jų (tarpląsteliniuose tarpuose), jame gausu ištirpusių medžiagų. Ląstelės viduje esantis skystis su jame ištirpusiomis medžiagomis vadinamas *ląsteliniu skysčiu* (*citoplazma*). *Tarpląstelinis* (audinių) *skystis*, užimantis tarpus tarp ląstelių ir drėkinantis audinius, vadinamas *intersticiniu*; cirkuliuojantis kraujagyslėse skystis vadinamas *kraujo plazma*; limfagyslėmis teka *limfa*; kiti skysčiai — galvos ir nugaros smegenų, sąnarių, akies stiklakūnio ir kt. — turi specifines funkcijas, kurios apžvelgiamos kartu su atitinkamų organų fiziologija. Vandens kiekis organizme yra gana pastovus, nes šalinama jo tiek, kiek gaunama. Šią pusiausvyrą palaiko tam tikri organizmo mechanizmai: troškulio jautimas, šalinimas ir kt. Vandens kiekį daugiausia reguliuoja hipofizės ir antinksčių žievės hormonai.

Ląstelinis skystis sudaro apie 41% suaugusio žmogaus kūno masės (→ 2). Jo cheminė sudėtis skiriasi nuo tarpląstelinio skysčio (→ 4). Cheminė šių skysčių pusiausvyra priklauso nuo membranos ir medžiagų apykaitos procesų. Tarpląstelinio skysčio yra apie 17 litrų, iš kurių 14 sudaro intersticinis skystis ir 3 — kraujo plazma. Cheminė sudėtis skiriasi baltymų kiekiu.

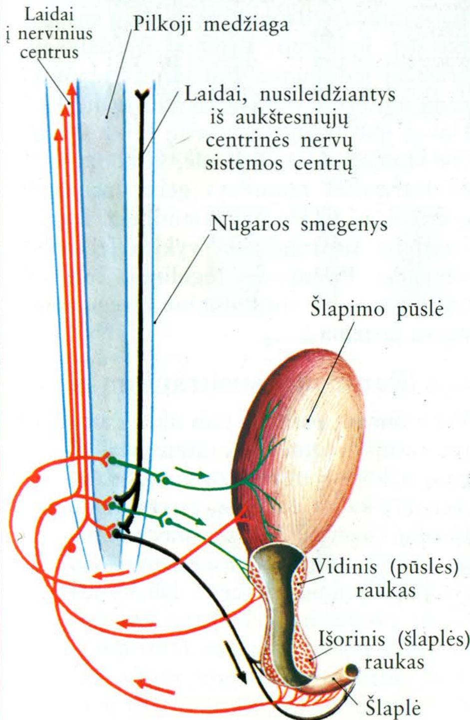
Organiniai skysčiai



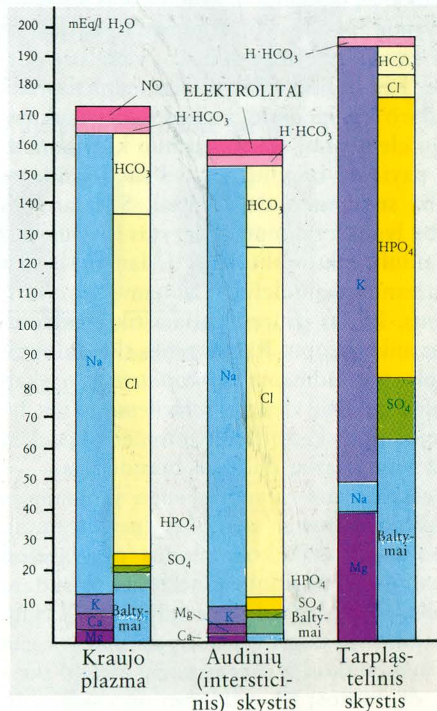
1. Vidinio pūslės slėgio ir šlapimo tūrio santykis.



2. Organinių skysčių pasiskirstymas.



3. Šlapimo ištekėjimas ir susikaupimas pūslėje (raudona — juntamieji nervai; juoda — motoriniai (išcentriniai) nervai; žalia — mišrūs nervai).



4. Organinių skysčių sudėtis.

Judėjimas

Organizmo motorinė veikla reiškiasi ne tik gebėjimu persikelti iš vienos vietos į kitą ir keisti atskirų kūno dalių padėtį viena kitos atžvilgiu, bet ir tam tikrų vidaus organų veikla (pvz., širdies, kuri užtikrina kraujotaką). Kraujagyslių ir kvėpavimo takų spindžio kitimas taip pat yra motorinė veikla, kaip ir gerklės vidinio virpamojo epitelio plaukelių bei leukocitų ameboidiški judesiai.

Raumenys

Skiriamos trys raumeninio audinio rūšys: griaučių skersaruožiai raumenys, širdies skersaruožis raumuo (miokardas) ir lygieji (vidaus organų) raumenys. Apie širdies miokardą jau kalbėta kraujotakos sistemos skyriuje (p. 21 → 6). Raumenys skiriasi ne tik savo struktūra (→ 1, 2), vieta organizme, bet ir funkcijomis. Raumenų ląsteles sudaro raumeninio audinio susitraukiantieji elementai; skirtingai nuo kitų *skaidulų* pavidalo ląstelių, jos dėl savo sandaros geba susitraukti daugiausiai. Skersaruožis arba lygusis raumuo sudarytas iš daugybės skaidulų pluoštelių, susidedančių iš dar mažesnių skaidulėlių, vadinamų *miofibrilėmis*, kurias įžiūrėti galima tik elektroniniu mikroskopu. Raumeninės skaidulos citoplazma vadinama *sarkoplazma*, o skaidulos paviršių dengia *sarkolema*. Tiek lygiojo, tiek skersaruožio raumens ląstelėse yra vienas arba daugiau branduolių.

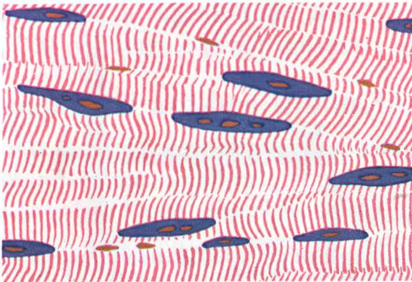
Skersaruožius raumenis supa jungiamojo audinio (išorinis) dangalas (perimyzium), nuo kurio atsišakoja plonos pertvarėlės; šios apsupa skaidulų pluoštelius ir sudaro vidinį dangalą (vidinį perimyzium). Lygiųjų raumenų miofibrilės iš pažiūros yra gan homogeniškos, o skersaruožių atrodo skersai dryžuotos; tai priklauso nuo savitai išsidėsčiusių dviejų pagrindinių baltyminių komponentų — miozino ir aktino. Šviesiosios zonos sudarytos iš izotropinės medžiagos (→ 4), arba *I* diskais. *I* diskus savo ruožtu į 2 lygias dalis dalija siauras anizotropinės medžiagos ruožas — arba *Z linija*. Tamsiosios sritys sudarytos iš anizotropinės medžiagos, vadinamos *A* diskais. Kai skaidula yra atsipalaidavusi, *A* disko srityje skiriama ir šviesi *H zona*. Raumeninės skaidulėlės segmentai tarp dviejų gretimų *Z* linijų vadinami *sarkomerais*. Todėl ir miofibriles galime laikyti sarkomerų kaita. Tos pačios raumenų skaidulos miofibrilėse šviesios ir tamsios juostos susisiekia, todėl ląstelės atrodo tarsi skersai ruožuotos (→ 3).

Lygieji ir skersaruožiai raumenys skiriasi ne tik savo sandara, bet ir kilme, išsidėstymu organizme ir funkcijomis. Skersaruožiai raumenys daugiau ar mažiau susiję su skeleto judėjimo sistema ir dalyvauja griaučių judesiuose, tuo tarpu vidaus organų motorinė veikla (išskyrus širdies) priklauso nuo lygiųjų raumenų veiklos, esančių kraujagyslėse, žarnyne, gimdoje ir kt. Skersaruožiai raumenys geba susitraukti greičiau, jų veikla yra sąmoninga. Lygiųjų raumenų susitraukimai vyksta lėtai, esti nevalingi. Pirmuosius reguliuoja centrinė, antruosius — autonominė (vegetacinė) nervų sistema.

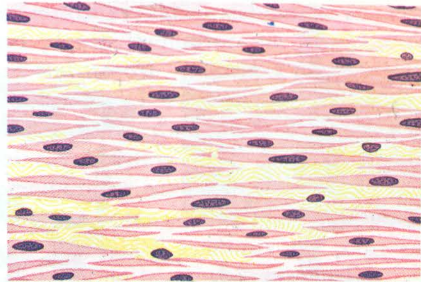
Raumenų susitraukimas

Visi raumenys atlieka tam tikrą darbą. Antra vertus, raumenims intensyviai dirbant pakyla kūno temperatūra. Dirbdami raumenys eikvoja energiją, paversdami miofibrilių cheminę energiją mechaniniu darbu (55%) ir šiluma. Raumenyse vykstantys biocheminiai procesai labai sudėtingi. Šiems procesams reikalingą energiją raumeninės skaidulos gauna miozinui suskaidant adenozintrifosforo rūgštį (ATF) į adenozindifosforo rūgštį (ADF) ir fosforo rūgštį. ATF susidaro iš ADF dalyvaujant fosfoguanidiniams komponentams arba glikogenui veikiant fosfatus. Raumeniui susitraukiant raumuo sutrumpėja.

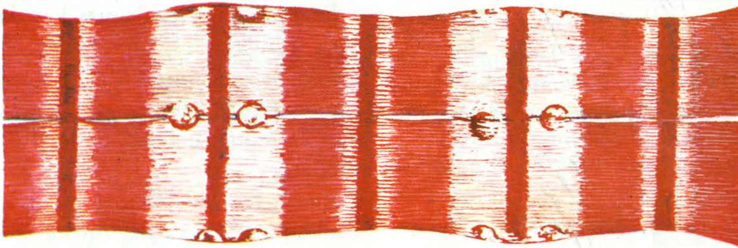
Raumeninis audinys



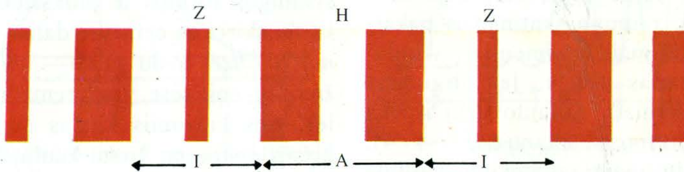
1. Skersaruožių raumenų skaidulos.



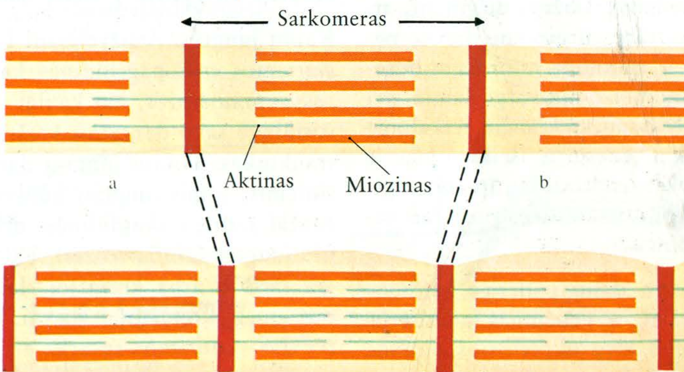
2. Lygiųjų raumenų skaidulos.



3. Skersaruožio raumens skaidulos ultramikroskopinė struktūra.



4. Izotropinių juostų kaita miofibrilėje.



5. Miozino ir aktino plaušelių išsidėstymas sarkomeruose (*a*: ramybės būsena; *b*: susitraukimo metu).

Jeigu raumuo susitraukia ir sutrumpėja, o jo tonusas nepadidėja — tai yra *izotoninis susitraukimas*; jei sutrumpėti negali, bet padidėja tik jo tonusas — *izometrinis susitraukimas*. (Piešinyje → 1 pavaizduoti prietaisai, kuriais galima užrašyti dviejų tipų susitraukimus; → 2 grafiškai pavaizduota raumens vienkartinio susitraukimo trukmė, kuri kinta priklausomai nuo raumens tipo, bet visuomet išskiriamos trys fazės: 1) latentinis (slaptasis) periodas, labai trumpas laikas tarp dirginimo momento ir susitraukimų pradžios; 2) susitraukimo periodas, per kurį raumuo sutrumpėja arba įsitempia; 3) atsipalaidavimo periodas, trunkantis kiek ilgiau nei antrasis. Atskirą raumeninės skaidulos susitraukimą sužadina greitas vienkartinis dirgiklio veikimas (slenkstinis dirginimas). Intensyvėjant dirginimui susitraukimas nedidėja (dėsnis „viskas arba nieko“). Tuo tarpu viso raumens (→ 3) susitraukimas didėja, nes kuo intensyvesnis dirginimas, tuo daugiau raumeninių skaidulų dalyvauja susitraukime. Kai raumuo skatinamas pakartotiniais dirginimais, raumeninės skaidulos susitraukimas didėja. Jei dirginama trumpais intervalais, raumuo ilgai išlieka susitraukęs (raumens tetanusas, → 4). Analogiškai dirginant raumeninę skaidulą pakartotiniais dirgikliais, ji atsipalaiduoja tik per ilgesnį laiką. Dažnai dirginant, atsipalaidavimas tarp dirginimų darosi nebeįmanomas, ir atsiranda nuovargio būsena (→ 5). Raumens nuovargį lemia dvi priežastys: medžiagų, tiekiančių reikalingą raumenų veiklai energiją, išeikvojimas ir medžiagų apykaitos produktų (pieno rūgšties, fosforo rūgšties ir kreatino) raumenyje susikaupimas.

Judėjimas. Kūno dalių padėties keitimas viena kitos atžvilgiu, gebėjimas judėti erdvėje ir daugelis kitų aktyviosios veiklos formų, kaip kalbėjimas, rašymas, akių judesiai ir kt., įmanomas tik skersaruožių raumenų susitraukimo dėka. Kad šie susitraukimai būtų žmogui naudingi, juos turi reguliuoti nervų sistema (žr. p. 73).

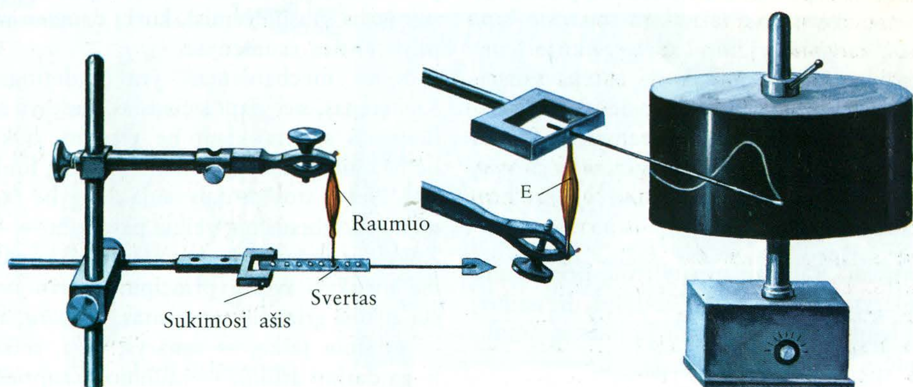
Kaulinis audinys ir kaulai

Kaulinio audinio ląstelės — *osteocitai* — yra apsuptos pagrindine, arba tarpląsteline, kaulo medžiaga; nuo ląstelių tęsiasi plonos ataugėlės, kuriomis jos susipina. Pagrindinę medžiagą sudaro kolageno skaidulos ir amorfinė medžiaga, kurioje yra kalcio ir kt. druskų. Tankiojoje, arba kompaktinėje, medžiagoje tęsiasi osteonai, arba Haverso cilindriniai kanalai, kuriais eina kraujagyslės, limfagyslės ir nervai. Kaulą dengia *antkaulis* — standi jungiamojo audinio plėvė. Joje yra *osteoblastų*, ląstelių, gebančių gaminti kaulinę medžiagą.

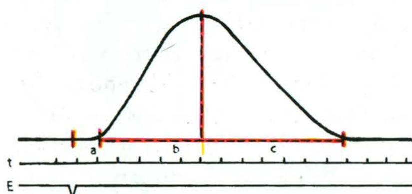
Kaulai, priklausomai nuo jų specifinių funkcijų, esti įvairių formų ir ilgio. Jie skirstomi į ilguosius, trumpuosius, netaisyklingos formos ir plokščiuosius. Ilgųjų kaulų skiriama centrinė dalis — *kaulo kūnas* (*diafizė*) ir du galai — *epifizės*. Jaunų žmonių epifizėse yra kremzlinės plokštelės, ties kuriomis kaulas auga ilgyn; ši kremzlė storėja, virsta kaulu, ir šis dėl to ilgėja. Vėliau jos visai sukaulėja ir diafizė susilieja su epifize į vieną kaulą.

Kaulų jungtys. Atsižvelgiant į jų judesius, skiriamos trys pagrindinės kaulų jungčių rūšys. *Sinartrozės*, kai kaulai nepaslankiai susijungę savo dantytais kraštais, kaip užtrauktukas. Tokios jungtys dar vadinamos siūlėmis; jomis jungiasi kaukolės kaulai. Mažai judrios skaidulinės, arba kremzlinės jungtys (*amfiartrozės*), kai kaulus jungia raiščiai arba kremzlė; slankstelių kūnus jungia kremzliniai diskai; tokios jungtys dar vadinamos sąvarža arba *simfiziu*. *Sąnariai* arba *diartrozės*, kai besiliečiančių kaulų sąnarinių paviršių aplinką dengia

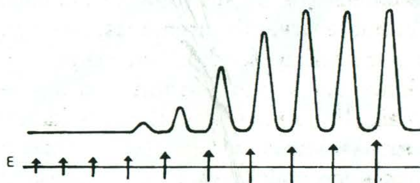
Raumens susitraukimas



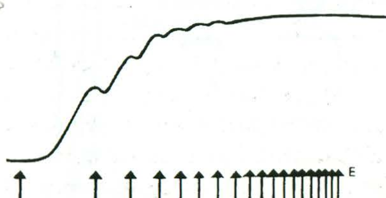
1. *Kairėje:* prietaisas izotoniniams susitraukimams užrašyti. *Dešinėje:* izometrinio susitraukimo užrašymas. Pirmajame prietaise raumuo susitraukia priklausomai nuo pasipriešinimo (svertas). Antrajame — vienas raumens galas pritvirtintas prie spyruoklės, kuri raumeniui susitraukiant deformuojasi.



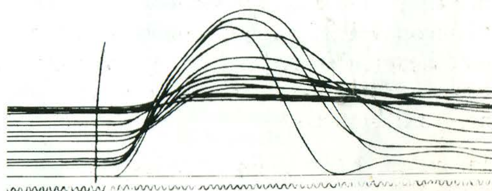
2. Mechanograma: *t* — laikas (m/s); *E* — dirgiklis; *a* — latentinis periodas; *b* — susitraukimas; *c* — atsipalaidavimas.



3. Intensyvėjant dirginimui, susitraukimai laipsniškai didėja.



4. Raumens tetanusas esant labai intensyviam dirginimui.



5. Nuvargimo kreivės ($t = 5$ m/s).

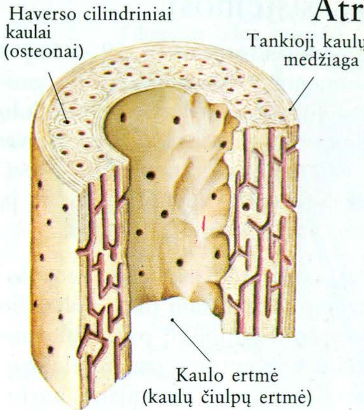
sąnarinė tepalinė, arba *sinovinė, plėvė*, kuri apgaubia sąnarį ir sudaro *sąnarinę kapsulę*; kapsulės vidinis lapelis išskiria tepalinį skystį (*sinoviją*), kuris sutepa sąnarinius paviršius, palengvina judesius ir maitina sąnarinių paviršių kremzles. Tokios jungtys dar vadinamos *paslankiosiomis*, nes kaulai laisvai gali judėti vienas kito atžvilgiu (→ 3).

Raiščiai. Raiščiai, prisitvirtinę prie kaulų, sudaryti iš jungiamojo audinio. Jie stiprina kaulų jungtis ir riboja jų judesių amplitudę.

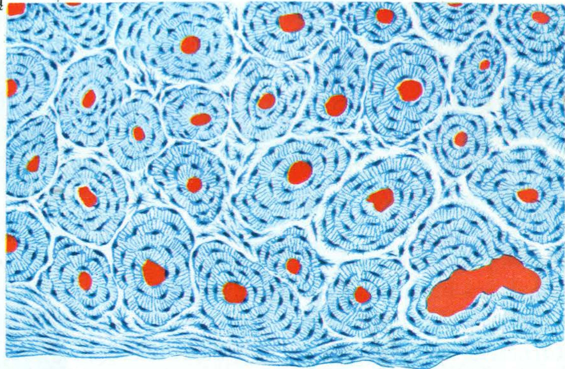
Sausgyslės. Raumenys prisitvirtina prie kaulų ne pačiomis raumeninėmis skaidulomis, o tvirtomis jungiamojo audinio juostomis, einančiomis nuo raumens galų ir vadinamomis *sausgyslėmis*. Tos pačios plačios sausgyslės vadinamos *aponeurozėmis* (arba sausplėvėmis), kurių daugiau yra pilvo srities raumenyse.

Judesio mechanizmas yra sudėtingas. Kiekvienas, net paprasčiausias, judesys atliekamas susitraukiant ne vienam, o keliems raumenims, turintiems panašią funkciją. Net ir stovint dalyvauja daugybė raumenų (svarbiausiųjų veikla parodyta → 4). Žmogaus judesius ir raumenų veiklą galime nusakyti svertų principu: *sverto petį* čia atstoja griaučių segmentas, *pasparą*, arba atramos tašką, — sąnarys, *jėgą*, reikalingą darbui atlikti, — raumuo, *pasipriešinimą* — pasipriešinimo raumens susitraukimui jėga, kuria būtų atliekamas judesys (→ 5). Pagal atramos tašką, reikalingą atlikti įvairiems judesiams, skiriami jėgos, pusiausvyros, greičio ir kt. svertai.

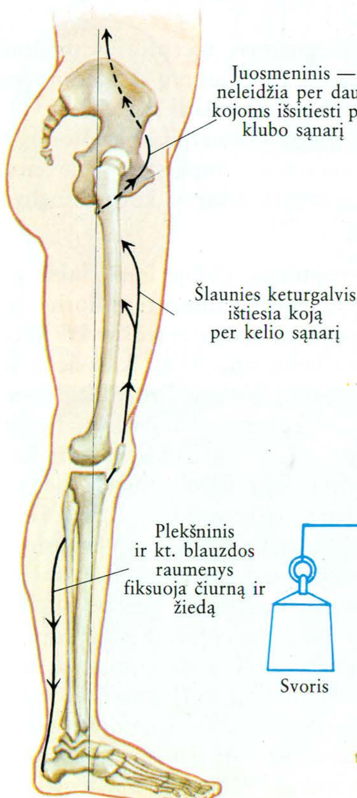
Atrama ir judėjimas



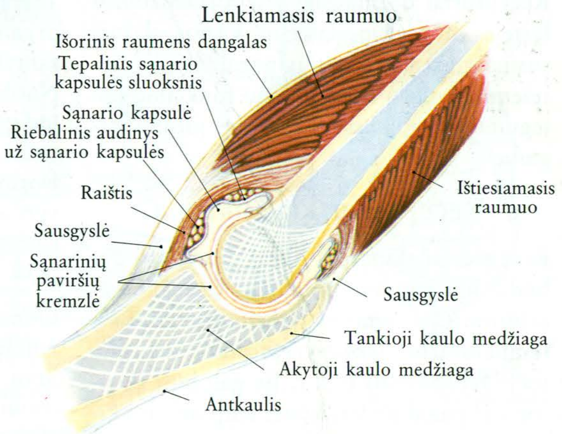
1. Ilgojo kaulo sandara.



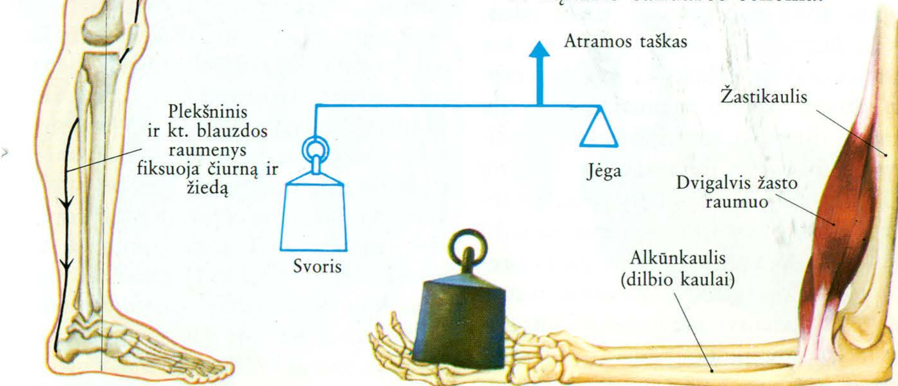
2. Ilgojo kaulo skersinio pjūvio mikroskopinis vaizdas.



4. Raumenys, išlaikantys vertikalią žmogaus stovėseną.



3. Sąnario sandaros schema.



5. Jėgos, dalyvaujančios dilbio lenkime.

Jutimų organai (sensorinės sistemos)

Būtina gyvos būtybės organizmo vidaus ir nuolat kintančių supančios aplinkos sąlygų darna įmanoma veikiant tam tikrai sistemai, reaguojančiai į aplinkos pasikeitimus ir perduodančiai informaciją organizmo funkcijas reguliuojantiems organams. Specializuoti įtaisai, registruojantys pasikeitimus, vadinami *receptoriais*. Apskritai visos organizmo ląstelės yra dirglios. Tačiau tik kai kurios turi įtaisus arba išsivysto tam tikri jutimų organai, kurie gautą informaciją paverčia impulsais, nueinančiais į nervinius centrus.
Receptoriai dažniausiai yra specializuotos ląstelės arba grupė ląstelių, kurios, dažnai susijungusios su kitomis pagalbinėmis ląstelėmis, sudaro ištisą didelio funkcinio pajėgumo kompleksą, vadinamą jutimų organu.

Receptorių klasifikacija

Receptoriai skirstomi pagal dirginimo pobūdį: mechaninio pobūdžio (*mechanoreceptoriai*), cheminio (*chemoreceptoriai*), temperatūros (*termoreceptoriai*), skausmo (*noci receptoriai*) ir t. t. Jie gali būti skirstomi ir pagal padėtį kūne, kaip antai: *eksteroreceptoriai* yra odoje ir susijusiuose su žmogaus aplinka organuose (akis, ausis, šnervės, burna); jie mus informuoja, kas vyksta supančioje aplinkoje; *proprioreceptoriai* priima skeleto raumenų sausgyslių ir sąnarių dirgiklių energiją. Tokie impulsai eina iš raumenų ir sausgyslių, turinčių analogišką funkciją, iš sąnarių aplinkos receptorių, kurie informuoja apie sąnarių padėtį ir judėjimą. Savotiškais proprioreceptoriais laikomi ir pusiausvyros receptoriai, perduodantys nerviniams centrams informaciją apie kūno padėtį; *interoreceptoriai* esti organizmo vidaus organuose.

Neuroraumeninės verpstės (p. 59 → 5) yra savitos raumeninės skaidulos, kurias gaubia plonas juntamųjų nervinių skaidulų tinklas. *Raumenų ir sausgyslių receptoriai* yra labai išsišakojusios juntamosios nervinės galūnės, einančios išilgai sausgyslių jų susijungimo su raumenimis zonose.

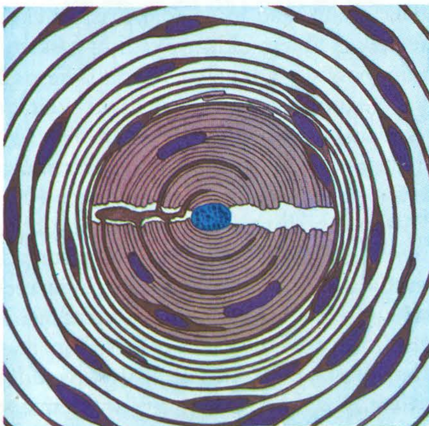
Receptorių savybės. Kiekvienas receptorius yra savaip jautrus tam tikro pobūdžio ir intensyvumo dirginimui; pvz., žmogaus akies tinklainės receptoriai jautrūs elektromagnetinei (šviesos) energijai, kurios bangos ilgis — nuo 400 iki 760 mμ. Tarp dirginimo intensyvumo ir jutimų organo veiklos egzistuoja logaritminis santykis.
Nuolat dirginamas receptorius prisitaiko (*adaptacija*). Taigi jutimų organo intensyvumas linkęs laipsniškai mažėti.
Išorinio dirgiklio energiją receptoriai paverčia nerviniais impulsais, siunčiamais į nervų sistemos centrus, kur jie analizuojami.

Odos receptoriai. Odoje ir išorinėse gleivinėse yra įvairių jutimo receptorių: lytėjimo, skausmo, temperatūros ir kt. Receptoriai yra kelių tipų, todėl kiekvieną sensorinę sistemą (jutimų organą) inervuoja skirtingi receptoriai. Pavyzdžiui, lytėjimo receptoriai yra Pačinio ir Meisnerio kūneliai bei nervinių skaidulų tinklas, dengiantis plaukų maišelius; šalčio receptoriai — Krauzės kūneliai, šilumos — Rufinio kūneliai ir kt. Visi odos receptoriai susidaro iš struktūrų, susietų su nervine skaidula, kuri, dirginant receptorių, generuoja nervinį impulsą, išplintantį į centrinę nervų sistemą. Piešinyje (→ 1) pavaizduotas Pačinio kūnelio skersinis pjūvis, kuriame gerai matomas nervinę galūnę supančio jungiamojo audinio plokštelių koncentrinis išsidėstymas, o piešinyje (p. 53 → 3) — erdvinis kūnelio vaizdas.

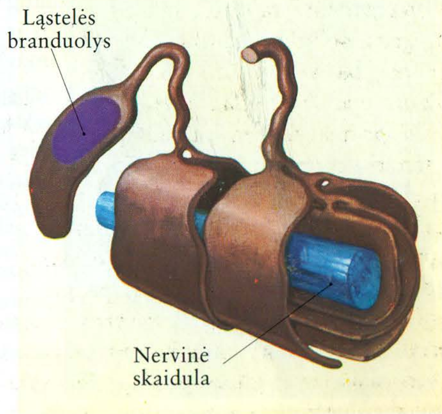
Odos struktūra ir receptoriai

Tikrosios odos speninis (Malpigijaus) sluoksnis
Plaukas
Raginis sluoksnis
Riebalinė liauka
Plaukų šiaušiamasis raumuo
Krauzės kolba (šalčio receptorius)
Tikroji oda (derma)
Laisvosios nervų galūnės (skausmo receptorius)
Pospeninis nervinių galūnių tinklas
Odos spenelis
Plauko šaknis
Prakaito liauka
Poodinis riebalinis audinys
Riebalinės ląstelės
Poodinis nervų rezginys
Pačinio kūnelis (spaudimo receptorius)
Rufinio kūnelis (šilumos receptorius)
Meisnerio kūnelis (lytėjimo receptorius)

1. Svarbiausi odos receptoriai.



2. Pačinio kūnelio skersinis pjūvis.



3. Pačinio kūnelio struktūros detalė.

Regos sensorinė sistema

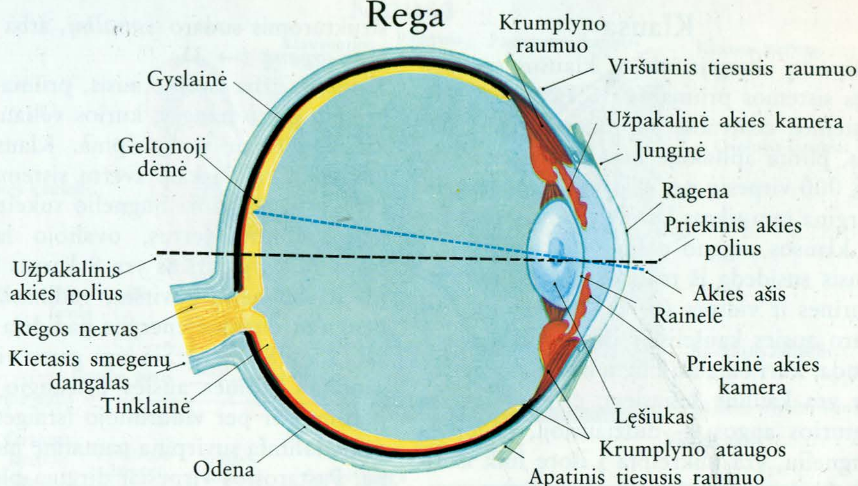
Šviesai jautrūs receptoriai — viena iš sudėtinių porinio akies organo dalių (→ 1). Šiame organe gausu ląstelių ir struktūrų, kurių dėka akis priima iš aplinkos daugiausia informacijos. Jautri optinė sistema reaguoja į kūnų spinduliuojamą arba atspindėtą šviesą ir koncentruoja ją fotojautriame tinklainės paviršiuje. Tokiu būdu akis veikia kaip fotoaparatas. Tvirtas ir atsparus išorinis dangalas (*odena*) išlaiko akies obuolio formą. Antrasis dangalas (*gyslainė*) iškloja odeną iš vidaus ir sėkmingai atlieka dvejopą funkciją: yra atrama kraujagyslėms, kurios paskirsto kraują akies ląstelėms, ir, būdama pigmentuota, neleidžia išsisklaidyti šviesos spinduliams. Vidiniame akies obuolio dangale (*tinklainėje*) yra fotoreceptoriai. Svarbios yra šių dangalų priekinės dalys: išorinio skaidulinio dangalo priekinę dalį sudaro skaidri ir išgaubta *ragena*; gyslainė sudaro *krumplyną* (→ 2), kuriame gausu kraujagyslių ir lygiųjų raumenų skaidulų; krumplyno kraštai sudaro disko pavidalo plokštelę — *rainelę*, kurios centre yra *vyzdys*. Rainelė funkcionuoja tarsi fotoaparato diafragma; prie krumplyno plonytėmis skaidulėlėmis prisitvirtina *lęšiukas* — abipus išgaubtas skaidrus elastingas kūnas, esantis maždaug 2 mm už ragenos. Ertmėje tarp ragenos ir lęšiuko kaupiasi krumplyno išskiriamas vandeningas maitinamasis *akies kamerų skystis*, kuris drenuojamas į rainelės ragenos (Šlemo) kanalą (→ 2). Visą akies obuolį už lęšiuko užpildo *stiklakūnis*, sudarytas iš plono skaidrių jungiamojo audinio skaidulų tinklo bei ypatingo koloido — *hidrogelio*. Priekinę akies obuolio dalį — odeną ir vidinį vokų paviršių — apsupa ir saugo *junginė*.

Tinklainė iškloja akį nuo vyzdžio krašto iki regimojo nervo išėjimo vietos. Joje skiriami du sluoksniai: pigmentinis (išorinis) ir nervinis (vidinis), kurį sudaro dvejopos šviesai jautrios ląstelės — *lazdelės* ir *kolbelės*. Pirmųjų yra daugiau periferinėje tinklainės dalyje, jos reikalingos matyti tamsoje, tačiau jomis neskiriame spalvų. Mažiau jautrios kolbelės yra daugiau centrinėje tinklainės dalyje, bet leidžia skirti daikto formą ir spalvas. Visos lazdelės ir kolbelės išsidėstę išoriniame tinklainės sluoksnyje ir sudaro sinapses su bipoliniais neuronais, o šie — su gangliniais; pastarųjų aksonai sudaro regos nervą (→ 4).

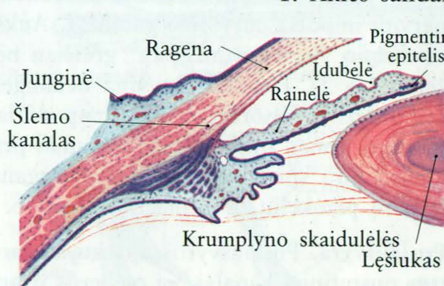
Kol pasiekia fotojautrias ląsteles, šviesa turi praeiti rageną, kamerų skystį, lęšiuką, stiklakūnį ir daugumą tinklainės sluoksnių. Patekęs į akį šviesos spindulys lūžta. Žmogaus akies optinės sistemos laužiamoji geba ramybės sąlygomis yra apie 60 dioptrijų (ekvivalentiška gebai lęšio, kurio fokalinis atstumas būtų apie 16,7 mm). Tokiame nuotolyje yra tinklainė, vadinasi, joje susiformuoja aiškus tolimo daikto vaizdas. Tačiau artimų daiktų vaizdas būtų neryškus, jei šviesos spinduliai susikirstų už tinklainės. Taip neatsitinka, nes žiūrint į artimus daiktus regos organas refleksiškai akomoduoja *(akomodacija)*, todėl lęšiukas labiau išsigaubia ir jo laužiamoji geba padidėja. Panašus yra ir *konvergencijos* reiškinys, kai abi akys stebi daiktą taip, kad jo vaizdas kristų į ekvivalentiškus abiejų akių tinklainių taškus; kitaip matytume dvigubą vaizdą. Šviesos kiekis reguliuojamas refleksiškai keičiantis vyzdžio skersmeniui (→ 5).

Šviesos receptorius dirgina elektromagnetinės bangos, kurių ilgis — nuo 400 iki 760 mμ; be kita ko, skirtingų ilgių bangos suvokiamos kaip spalvos. Šis chromatinis vertinimas priklauso nuo skirtingų receptorių (kolbelių), gebančių susižadinti nuo tam tikro spinduliavimo poveikio ir skiriančių tris pagrindines spalvas (raudoną, geltoną, mėlyną), kurių mišinys lemia visą spalvų gamą. Spalvos suvokiamos nervų sistemos žieviniuose centruose.

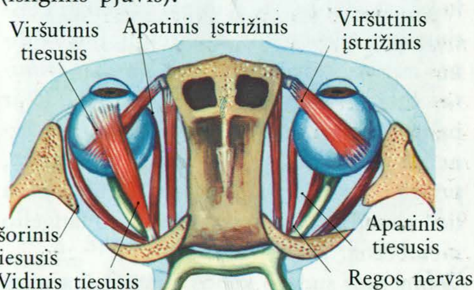
Rega



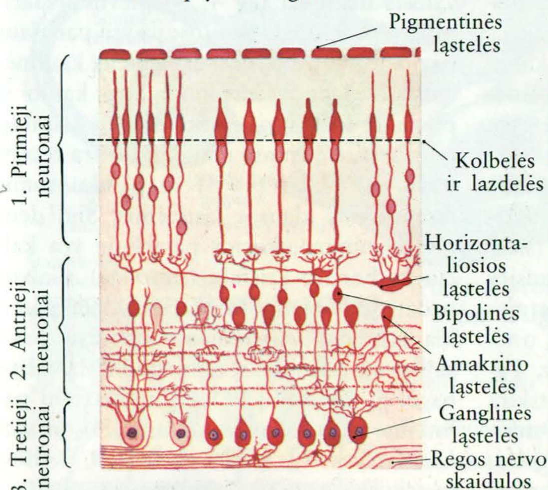
1. Akies sandara (išilginis pjūvis).



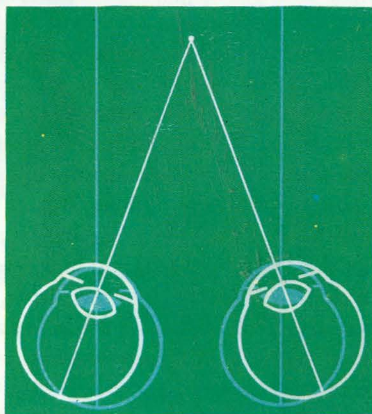
2. Krumplyno fragmentas.



3. Akies judinamieji raumenys.



4. Tinklainės sluoksniai.



5. Akomodacija, konvergencija ir šviesos atsispindėjimas nuo artimų daiktų vaizdų.

Klausa

Virpesių energija, mūsų klausos sensorinės sistemos priimama ir centrinės nervų sistemos centruose suprantama kaip garsas, plinta aplinkoje maždaug nuo 20 iki 18 000 virpesių per sekundę. Šie virpesiai dirgina tam tikras ląsteles, esančias vienoje klausos organo dalių — sraigėje.

Ausis susideda iš trijų dalių: išorinės, vidurinės ir vidinės (→ 1). *Išorinę ausį* sudaro ausies kaušelis ir išorinė klausomoji landa, kuri baigiasi būgneliu. *Vidurinė ausis* yra kaulinė šešiasienė ertmė. Čia yra keturios angos — didžiausioji, uždengta būgneliu, yra nukreipta į išorę link išorinės klausomosios landos; langeliai — ovalusis ir apvalusis — taip pat uždengti elastingomis plėvelėmis, nukreipti link vidinės ausies; ketvirtoji anga — *ausies trimitas* jungia vidurinę ausį su nosiarykle ir padeda suvienodinti oro slėgį abipus būgnelio. Klausomųjų kauliukų (*plaktuko*, *priekalo* ir *kilpos*) grandinė vienu kraštu liečia būgnelį, kitu siekia ovaliojo langelio membraną.

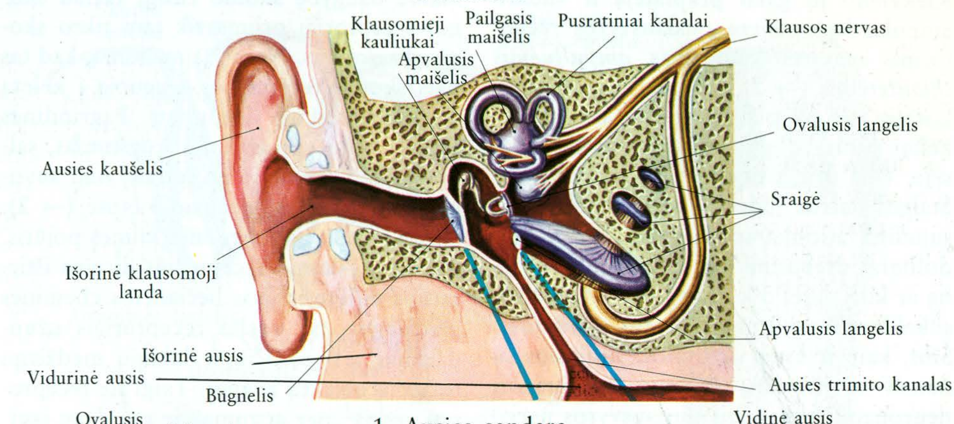
Vidinę ausį sudaro kelios anatomiškai tarp savęs susijusios, bet atskiras funkcijas turinčios struktūros.

Sraigė yra spirale susisukęs kaulinis kanalas, išilgai padalintas dviejų — pamatinės ir prieanginės — membranų; sraigėje yra trys tos pačios formos kanalai, arba laiptai: *prieangio laiptas* (susisiekiantis su vidurinės ausies ovaliuoju langeliu), *vidurinis laiptas* (sraigės) ir *būgno laiptas* (susisiekiantis su apvaliuoju vidurinės ausies langeliu). Prieangio ir būgno laiptų ertmes užpildo skaidrus skystis — perilimfa, o vidurinį (sraigės) laiptą — *endolimfa*. Pamatinė membrana padeda sudaryti atskirą plokštelę — *dengiamąją membraną*, nusitęsusią sraigės laipte virš plaukuotųjų ląstelių (receptorinės ląstelės); receptorinės ir atraminės ląstelės kartu su gretimomis struktūromis sudaro *spiralinį*, arba *Kortijaus organą* (→ 3).

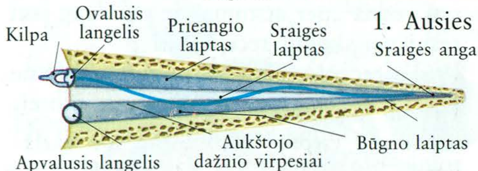
Kaušelis, arba išorinė ausis, priima ir nukreipia garso bangas, kurios vėliau pasiekia būgnelį ir jį suvirpina. Klausomieji kauliukai veikia kaip svertų sistema, kuri 2,5 karto padidina būgnelio sukeltus virpesius; antra vertus, ovaliojo langelio membranos paviršius yra 8 kartus mažesnis už būgnelio paviršių, vadinasi, garso bangų mechaninė energija padidėja iš viso 20 (2,5 x 8) kartų. Šia jėga garso virpesiai sujudina vidinės ausies prieangio laipto perilimfą ir per viduriniojo (sraigės) laipto endolimfą suvirpina pamatinę membraną. Pastarosios virpesiai dirgina plaukuotąsias klausos organo ląsteles ir sukelia nervinį impulsą nervinėse galūnėse. Aukšto dažnio virpesiai „užgęsta“ greičiau nei žemo (→ 2). Pirmieji aktyvina nedaugelį žemo dažnio fonoreceptorių; šitaip skiriami garso tonai. Impulso intensyvumas priklauso nuo spiralinio (Kortijaus) organo ląstelių plaukelių deformacijos laipsnio.

Pusiausvyra. Pusiausvyros aparatą sudaro trys pusratiniai kanalai bei pailgasis ir apvalusis maišeliai (→ 4) — plėviniai dariniai, užpildyti endolimfos; jis yra panašaus pavidalo, bet didesnio skersmens kaulinėse vidinės ausies ertmėse; tarp kaulo ir plėvinio labirinto esantį tarpelį užpildo perilimfa. Abiejuose maišeliuose yra receptoriai — *dėmės* (→ 5) su plaukuotomis juntamosios klausos ląstelėmis. Šias dengia membrana, kurios paviršiuje yra kalcio karbonato kristalų (*statolitų*). Galvos padėtį gravitacinio lauko atžvilgiu pateikia schema, vaizduojanti impulsų pasiskirstymą dėmių receptorinėse ląstelėse pagal jų plaukelių didesnį ar mažesnį palinkimą pasislinkus statolitams. *Pusratiniai kanalai* yra trys ploni vamzdžiai, išsidėstę trijose viena kitai statmenose plokštumose; jie atsiveria pailgajame maišelyje.

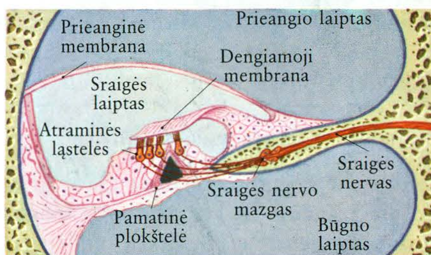
Klausa



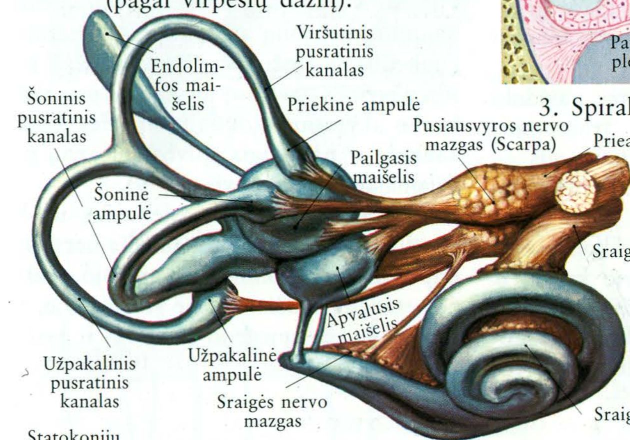
1. Ausies sandara.



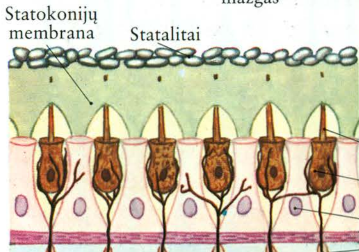
2. Garso bangos plitimas (pagal virpesių dažnį).



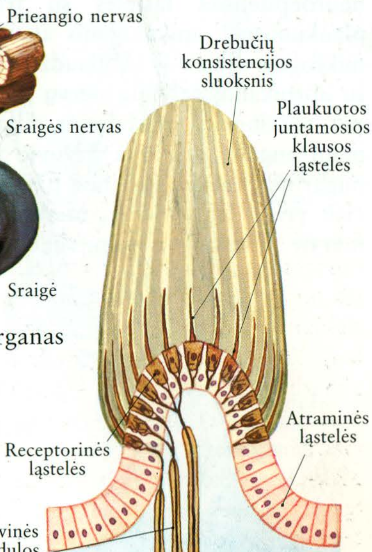
3. Spiralinis (Kortijaus) organas.



4. Pusiausvyros organas (su sraige).



5. Dėmės struktūra.



6. Ampulinės skiauterės mikrostruktūra.

Kiekvieno jų galai praplatėja ir sudaro ampulę, kurioje yra pusiausvyros receptorinis aparatas, vadinamas *ampulinėmis skiauterėmis* (→ 5). Skiauterių jautriosios ląstelės taip pat plaukuotos, tačiau jų plaukeliai panirę drebučių konsistencijos masėje, kuri užima beveik visą ampulę.

Staigūs galvos judesiai visomis kryptimis sujudina atitinkamo pusračio kanalo endolimfą; drebutinė masė pasislenka į vieną ar kitą pusę, o kartu su ja ir plaukeliai, sukeldami impulsus nervinėse skaidulose. Šios, kaip ir kitos skaidulos, susijusios su dėmės receptoriais, priklauso bipoliniams neuronams, esantiems pusiausvyros nervo (Scarpa) mazge.

Pusiausvyros sensorinė sistema ne tik įgalina suvokti kūno padėtį, bet ir refleksiškai išlaikyti pusiausvyrą.

Skonis ir uoslė

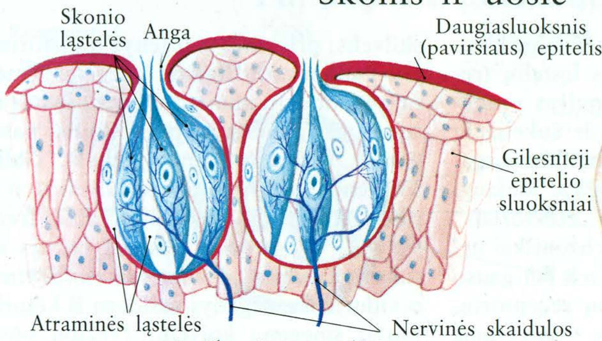
Skonio receptoriai daugiausia glūdi liežuvyje. Jie reaguoja tik į skystas arba lengvai tirpstančias skystyje chemines medžiagas. Skonio receptoriai yra verpstės pavidalo neuroepitelinės ląstelės su trumpomis plaukuotomis apikalinėmis ataugomis — mikrogaureliais (→ 1), glaudžiai susijusios su atitinkamų galvinių nervų juntamosiomis nervinėmis skaidulomis. Skonio spenelių angelės atsiveria liežuvio kraštų ir nugarinės dalies gleivinės paviršiuje (tačiau yra ir antgerklyje, minkštajame gomuryje ir ryklėje). Skonio jutimais suvokiame daugybę skonio rūšių, tačiau skonio receptoriai priima tik tam tikro skonio dirginimus. Nors yra manoma, kad tas pats skonio receptorius reaguoja į keletą skirtingų skonio dirginimų. Pagrindinės skonio rūšys yra sūrumas, rūgštumas, saldumas ir kartumas; jie intensyviau suvokiami tam tikrose liežuvio vietose (→ 2).

Uoslė — taip pat cheminės kilmės pojūtis. Tačiau jei skonio receptorius dirgina ištirpusios seilėse ir juos liečiančios cheminės medžiagos, tai uoslės receptoriais užuodžiamas arti esančių ir lakiųjų medžiagų turinčių objektų kvapas. Taigi šie receptoriai veikia „per atstumą“ ir yra daug jautresni nei skonio receptoriai.

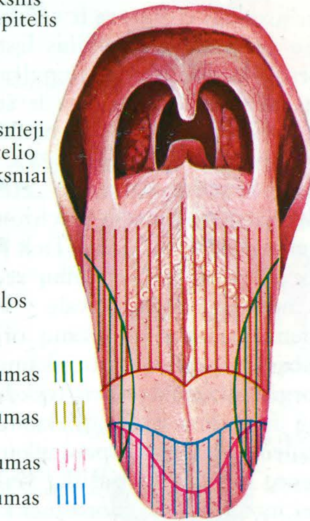
Uoslės receptoriai išsidėstę mažame nosies ertmės viršutinės landos gleivinės plotelyje, ties viršutine kriaukle (akytkaulio akytojoje plokštelėje) (→ 3). Spenelyje yra dviejų rūšių ląstelės: uoslės ir atraminės. Pirmosios yra tikrieji receptoriai, uoslės bipolinių neuronų ataugos. Jos panašios į kuokelius su žiuželiais, išlendančiais į nosies gleivinės paviršių; jų aksonai pro akytkaulio akytosios plokštelės angeles įeina į kaukolę ir pasibaigia galvos smegenų uodžiamajame stormenyje (→ 4).

Lakiosios medžiagos, pasiekusios uoslės ląstelių nervines galūnes, sukelia nervinius impulsus, kurie sklinda iki antrojo neurono, esančio uodžiamajame stormenyje, po to — į galvos smegenų žievinius ir požievinius centrus.

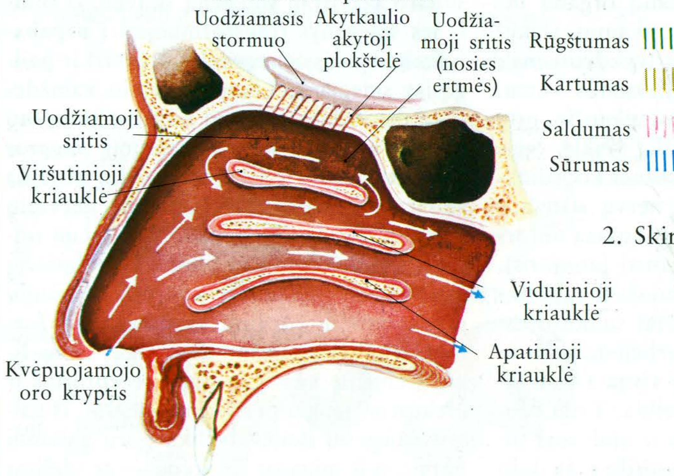
Skonis ir uoslė



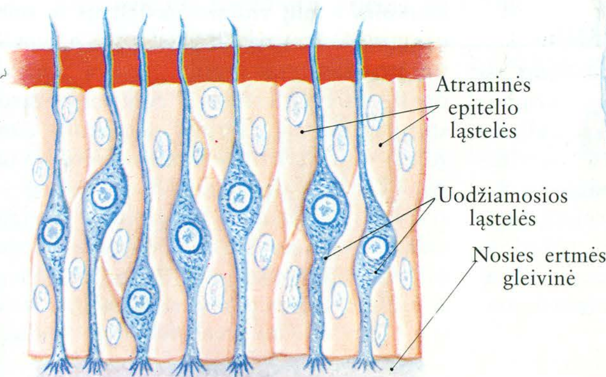
1. Skonio speneliai.



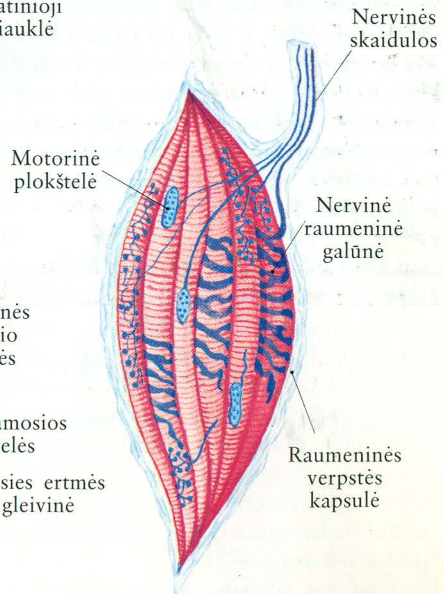
2. Skirtingo skonio jautrumo vietos liežuvyje.



3. Uodžiamoji sritis.



4. Uoslės receptoriai.



5. Neuroraumeninė verpstė.

Nervų sistema

Nervų sistemos struktūra ir veikla priklauso nuo priimančių dirgiklius ląstelių (receptorių), kurios siunčia impulsus periferinėms nervinėms ląstelėms ir sukelia jų atsakomąją reakciją. Tačiau bet kuri organizmo veikla yra kompleksiška, kadangi pastarųjų ląstelių, vadinamų „efektoriais“ (vykdytojais), veikiančių sinchroniškai arba paeiliui, yra labai daug. Tiek pat gausu ir tuo pačiu metu dirginamų receptorių, todėl nervų sistema privalo *integruoti* kiekvieną gaunamą iš jutimų organų informaciją ir perduoti atitinkamus įsakymus organams efektoriams (vykdytojams), kad jų funkcijos būtų atliekamos kartu. Tai nulemia individo, prisitaikančio prie momento sąlygų, visapusišką veiklą. Sensorinei integracijai ir motorinei koordinacijai turi įtakos ypatinga nervų sistemos funkcinė savybė įsiminti gaunamą informaciją ir kaupti tolesnę patirtį (*atmintis*). Be to, nervų sistema realizuoja ir tam tikras pavienes funkcijas, kurias sunku detaliau paaiškinti: mąstymą, gebėjimą apibendrinti suvokimą ir t. t. Jų visuma vadinama aukštesniąja nervine veikla. Taigi centrinė nervų sistema priima ir apdoroja informaciją, reguliuoja ir koordinuoja kitų organų ir sistemų veiklą, valdo kūno judesius, atlieka atminties, mokymosi, kalbos ir mąstymo funkcijas (→ 1).

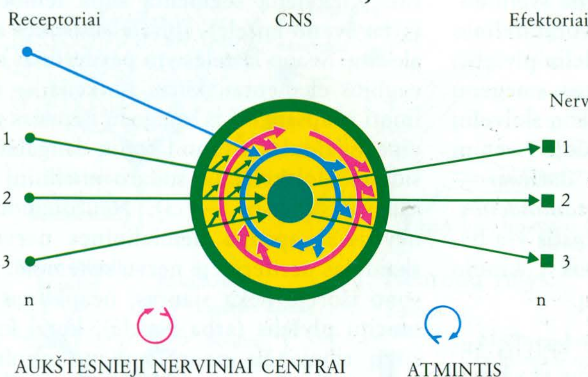
Nervų sistemos struktūra

Gemalui vystantis palei išilginę kūno ašį esantis ektodermo sustorėjimas suformuoja nervinę plokštelę, kurios kranteliams įlinkus ir sustorėjus susidaro nervinis vamzdelis (→ 2). Priekinė nervinio vamzdelio dalis praplatėja ir suformuoja tris pūsleles, vadinamas priekinėmis, vidurinėmis ir rombinėmis smegenimis, iš kurių vėliau susiformuos kitos centrinės nervų sistemos dalys (→ 3).

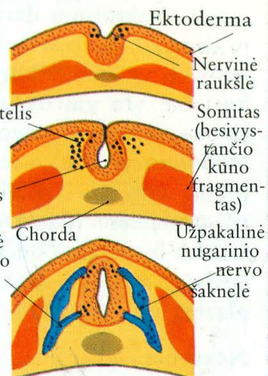
Iš pirmosios pūslelės ertmės susiformuoja du šoniniai skilveliai ir trečiasis smegenų skilvelis; priekinės smegenys transformuojasi į galines (didžiąsias) smegenis (smegenų pusrutuliai, pamato mazgai) ir tarpines smegenis (gumburas, pagumburis, pasmegeninė ir kankorėžinė liaukos). Galinės smegenys apsupa šoninius skilvelius, o tarpinės smegenys formuojasi apie trečiąjį skilvelį. Iš antrosios pūslelės ertmės eina siauras kanalėlis — *smegenų vandentiekis*, o vidurinės smegenys susidaro iš keturkalnio ir smegenų kojyčių. Trečioji pūslelė sudaro ketvirtąjį smegenų skilvelį, o rombinės smegenys transformuojasi į užpakalines smegenis (*smegenėlės* ir *tiltas*) ir pailgąsias smegenis. Likusi nervinio vamzdelio dalis sudaro centrinį nugaros smegenų kanalą, kurio sieneles suformuoja *nugaros smegenys* (→ 5). Centrinė nervų sistema sudaryta iš labai diferencijuotų nervinių ląstelių, duodančių pradžią nerviniam impulsui, dideliu greičiu plintančiam ląstelių ataugomis — aksonais, apsuptų atraminių glijos ląstelių. Aplink aksonus glija formuoja baltą izoliacinę medžiagą — mieliną. Centrinę nervų sistemą, receptorius ir efektorius jungia periferiniai nervai. Iš galvos smegenų išeina dvylika porų galvinių nervų, o iš nugaros smegenų — trisdešimt viena pora *nugarinių nervų* (→ 4).

Galvos ir nugaros smegenys atitinkamai išsidėstę kaukolėje ir stuburo kanale. Tarp kaukolės kaulų vidinio paviršiaus ir smegenų masės yra trys *dangalai* bei galvos ir nugaros smegenų skystis (likvoras), užpildantis skilvelių ertmes ir centrinį nugaros smegenų kanalą. Išorinis — *kietasis dangalas* — prisitvirtinęs prie kaukolės ir stuburo kanalo vidinio paviršiaus. Vidinis — *švelnusis dangalas* — labai plonas ir glaudžiai suaugęs su galvos ir nugaros smegenų išoriniu paviršiumi. Tarp šių dviejų dangalų įsiterpęs plonas *voratinklinis dangalas*, juostelėmis (trabekulėmis) suaugęs su švelniuoju. Dėl šių trabekulių švelnusis ir voratinklinis dangalai gali būti laikomi

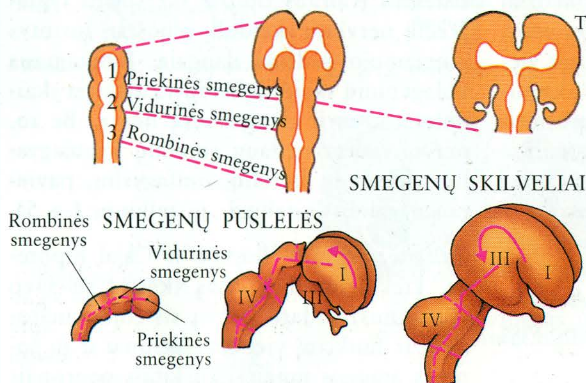
Funkcijos ir struktūra



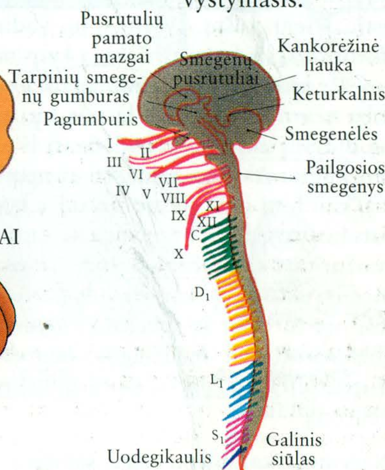
1. Nervų sistemos funkcijų schema.



2. Nervinio vamzdelio vystymasis.



3. Nervinio vamzdelio ir galvos smegenų formavimasis (vaizdas iš priekio ir iš šono).



4. Galvos ir nugaros smegenys, galviniai ir nugariniai nervai.

		DORSALINĖ DALIS	VENTRALINĖ DALIS
I pūslelė Priekinės smegenys	I ir II skilveliai (šoniniai) Priekinės smegenys	Smegenų pusrutuliai Pusrutulių pamato mazgai Didžioji smegenų pusrutulio jungtis	
	III skilvelis Tarpinės smegenys	Kankorėžinė liauka	Tarpinių smegenų gumburas Pagumburis Užpakalinė pasmegeninės liaukos skiltis
II pūslelė Vidurinės smegenys	Smegenų vandentiekis Vidurinės smegenys	Keturkalnis	Smegenų kojytės
III pūslelė Rombinės smegenys	IV skilvelis – Vidurinės smegenys	Smegenėlės	Tiltas
	IV skilvelis – Nugaros smegenys		Pailgosios smegenys
Nervinio vamzdelio liekana	Nugaros smegenų kanalas	Nugaros smegenys	

5. Įvairių centrinės nervų sistemos dalių kilmė.

vienu struktūriniu dariniu, arba švelniuoju dangalu. Tarp švelniojo ir voratinklinio dangalų yra tam tikras nedidelis plyšelis, kuriame yra galvos ir nugaros smegenų skystis. Jį išskiria galvos smegenų skilvelių *gysliniai rezginiai*, o reabsorbuoja į veninį kraują tam tikri anatominiai dariniai — *voratinklinės* (Pachiono) *granuliacijos*. Galvos ir nugaros smegenų skystis yra bespalvis, nekreša, kiek panašus į kraujo plazmą ir turi nedaug ląstelių.

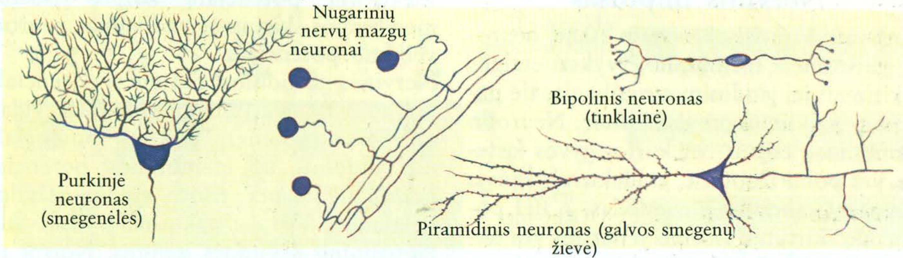
Neuronai. Neuronas, nervinė ląstelė, sudarytas iš *ląstelės kūno*, kuriame yra branduolys ir viena ar daugiau *ataugų*. Šios esti dviejų rūšių. Vienos jų vadinamos *dendritais*, kadangi išsišakoja kaip medžiai (→ 2); kitos ataugos vadinamos *aksonais*, arba *neuritais*. Nervinė ląstelė turi tik vieną didesnį aksoną, prasidedantį iš aksoninio kūgio. Aksonai sudaryti iš neurofibrilių, gali būti ilgi, šakoti. Ląstelės kūne yra rutulio pavidalo branduolys, kuris savo ruožtu turi vieną branduolėlį. Jo citoplazmos struktūra — kaip ir bet kurios ląstelės, bet turi dar ir specifinių elementų — chromatofilinės medžiagos, neurotubulių ir neurofibrilių tinklą, išsiraizgiusį po visą neuroną.

Nervinės skaidulos. Pagal sandarą skiriamos dvi nervinių skaidulų rūšys: *mielininės* ir *nemielininės*. Pirmosios padengtos lipoproteinine medžiaga — mielinu, o antrosios tokio dangalo neturi. Be dangalo esti smegenų pilkojoje medžiagoje esančios nervinės skaidulos. Perėjusios į smegenų baltąją medžiagą, jos įgyja mielino dangalą (tai mielinas suteikia šiai medžiagai balkšvą spalvą). Skaiduloms perėjus į periferinį nervą, jos padengiamos ląstelėmis neurolemocitais, kurie sudaro sluoksnelį — neurolemą, kurioje išryškėja ir šių ląstelių branduoliai (→ 2). Mielino sluoksnyje kas 0,8—1 mm yra *sąsmaukų* (Ranvjė), kurios jį padalina į skaidulų segmentus. Kiekvieną segmentą supa lemocitas (arba Švano ląstelė), spirale susisukęs apie aksoną. Švano ląstelės yra periferiniai neuroglijos elementai, kurių funkcija — izoliuoti ir apsaugoti iš smegenų išėjusias nervines skaidulas. Švano ląstelių dangalai, išsidėstę plokštelėmis, sudaro mielininį apsauginį sluoksnį (→ 3). Neurolemocitai nevisiškai apsupa nemielinines nervines skaidulas periferinėje nervų sistemoje. Aksono išorėje lieka siauras, neapklotas lemocitu plyšelis (arba vagelė), kuris kartu su jį ribojančia neurolemocito citolema sudaro mezaksoną (→ 4).

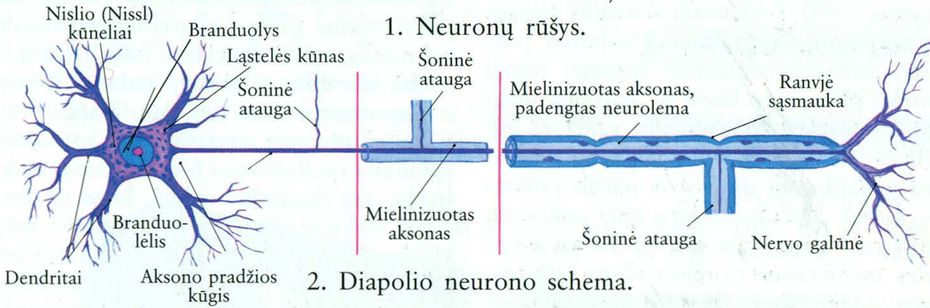
Nervai. Tai išeinantys iš centrinės nervų sistemos įvairaus tipo ir skersmens lygiagrečių nervinių skaidulų pluoštai, turintys jungiamojo audinio dangalą. Jungiamasis kolageninių skaidulų audinys atskiria skaidulų grupes ir dengia visą nervą. Be to, nervuose yra nedaug smulkių kraujagyslių, riebalinių ląstelių, limfagyslių, pavienių nervinių ląstelių ir jų telkinių (→ 5).

Sinapsė. Pagal S. Ramon ir Cajal hipotezę, kiekvienas neuronas (kūnas su savo ataugomis) sudaro nervų sistemos anatominį ir funkcinį vienetą. Aksonai ir jų šoninės ataugos jungiasi su kitais neuronais ar audinių ląstelėmis. Prieš išsišakodamos į nervines galūnes, skaidulos netenka mielino dangalo. Dviejų neuronų jungtis vadinama *sinapse*. Sinapsės susidaro tarp vieno neurono aksono ir kito neurono kūno arba jo dendritų, o kartais tarp dendritų arba aksonų. Morfologiškai sinapsės esti skirtingos. Vienas neuronas gali jų turėti iki 10 000; tai rodo, kad kiekvienas neuronas yra daugelio kitų neuronų ataugų konvergencijos vieta. Elektroniniais mikroskopais ištirta, kad tarp priešsinapsinės aksono dalies ir ląstelės kūno apvalkalo arba kito neurono dendritų yra 20—30 nm plyšys, kuriame būna audinių skysčio ir sinapsinių pūslelių.

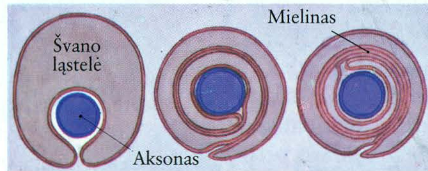
Neuronai, nervinės skaidulos, nervai



1. Neuronų rūšys.



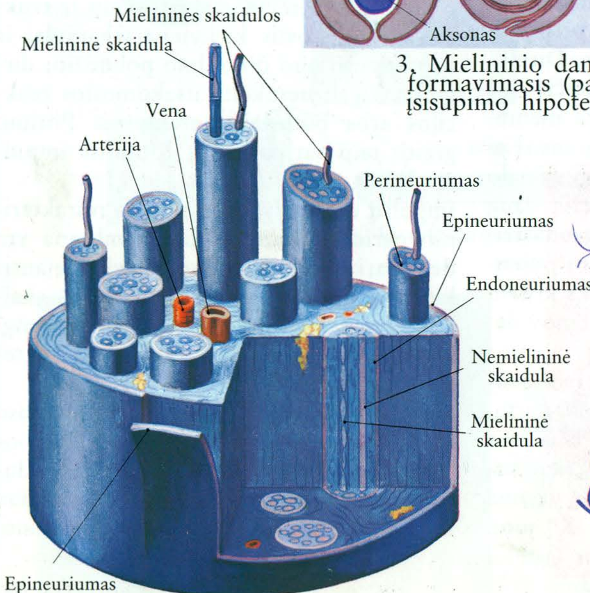
2. Diapolio neurono schema.



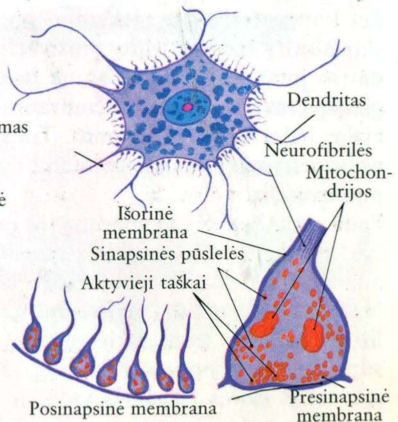
3. Mielininio dangalo formavimasis (pagal įsisupimo hipotezę).



4. Santykis tarp nemielininės skaidulos ir Švano ląstelių.



5. Periferinio nervo dalys.



6. Sinapsiniai neurono kūno paviršiaus kontaktai ir sinapsė (padidinta).

Nervinis impulsas

Jaudinant ramybės būsenoje esantį neuroną jo išorinėje membranoje vyksta staigūs pakitimai; jei jaudinimas nesiliauja, tie pakitimai pasklinda po visą ląstelę. Neurono membrana, kaip ir bet kurios gyvos ląstelės, yra poliarizuota; t. y. elektrinis krūvis abipus membranos nevienodas, o dėl potencialų skirtumo išorinis paviršius yra teigiamas (→ 1). Potencialų skirtumą sąlygoja nevienodas membranos laidumas įvairiems jonams: organiniai anijonai negali patekti į išorę, tuo tarpu K^+ palyginti lengvai sklinda abiem kryptimis; ramybės būsenoje membranos laidumas kalio jonams yra pakankamai didelis, o natrio jonams — mažas. Dėl koncentracinio gradiento dalis kalio jonų išeina iš citoplazmos ir ląstelės membranos išorėje sudaro teigiamą krūvį. Abipus membranos susidaro apie 50—90 mV potencialų skirtumas (membraninis, arba ramybės, potencialas).

Ramybės būsenoje esančios ląstelės vidinis membranos paviršius yra elektroneigiamas, o išorinis — elektroteigiamas. Abipus ląstelės membranos susidaro priešingų krūvių poliai, įvyksta poliarizacija. Dirgiklis, veikdamas membraną, pakeičia jos funkcinę būklę. Tokia padirginta membrana staiga ima praleisti natrio jonus. Kai dėl koncentracijų ir elektrinio potencialo skirtumo į ląstelės vidų prasiveržia daug natrio jonų, vidinė membrana įgauna teigiamą krūvį, o išorinės membranos potencialas lieka elektroneigiamas. Toks krūvių pasiskirstymas vadinamas membranos depoliarizacija.

Padirginus ląstelės membraną jos laidumas Na^+ palyginti su K^+ padidėja apie 20 kartų. Sujaudinto neurono membranos laidumas Na^+ greitai pasiekia maksimumą, kai kalio jonams tai trunka kiek ilgiau, ir ima silpti, jie inaktyvinami. Padidėja K^+ jonų srautas iš išorės į ląstelės vidų, ir ląstelės citoplazma išorės atžvilgiu vėl tampa elektroneigiama — įvyksta repoliarizacija.

Elektrinių potencialų abipus išorinės membranos skirtumas vadinamas neurono veikimo potencialu.

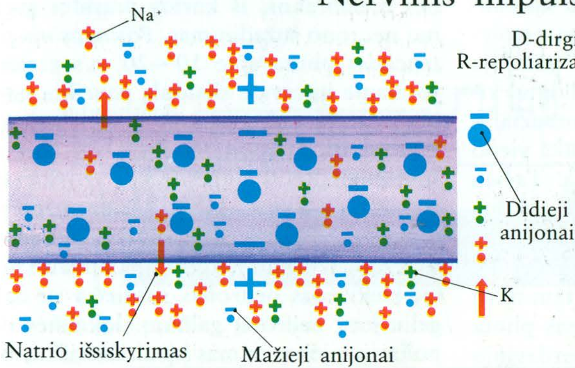
Nervinės skaidulos ramybės potencialas yra apie 70 mV (membranos išorė vidaus atžvilgiu teigiama); veikimo potencialas esti didesnis už membranos potencialą maždaug 30 mV (išorė vidaus atžvilgiu neigiama). Visi šie pakitimai vyksta tūkstantosiomis sekundės dalimis. Norint užrašyti tokius mažus ir greitus potencialų pakitimus, reikia specialių, labai jautrių ir mažai inertiškų prietaisų, kadangi įprasti galvanometrai tam netinka. Plačiau tuo tikslu naudojama aparatūra yra katodinių spindulių osciloskopas (→ 3). Vienas elektrodas yra skaidulos viduje, kitas išorėje. Taigi nervinis impulsas yra neigiamo krūvio banga, kylanti tęsiantis jaudinimo sukeltiems membranos joninio laidumo pakitimams. Staigūs elektrinio potencialo pakitimai viename skaidulos taške ir nervinio impulso atsiradimas užrašomi kreive (→ 4), kurioje išskiriamos trys dalys: viršūnė, neigiamas potencialas ir teigiamas potencialas. Kreivės aukštis, kaip ir trukmė, yra pastovūs kiekvienai skaidulai ir nepriklauso nuo dirginimo pobūdžio; dirginimas gali nesukelti atsakomosios reakcijos arba būti labai efektyvus. Plitimo greitis taip pat pastovus. Kinta tik impulsų dažnis.

Impulsų dažnis lygus skaidulos refrakterinio periodo trukmei: kai membrana yra depoliarizuota, šio taško ląstelė nejautri kitiems dirginimams. „Greitesnėse“ skaidulose repoliarizacija trunka 0,4 ms, taigi didžiausias impulsų dažnis yra 250 per sekundę.

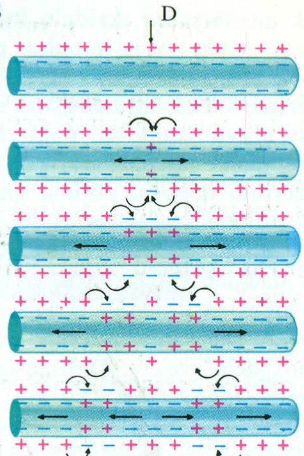
Nervinių impulsų plitimo greitis priklauso nuo skaidulos skersmens, jos membranos ir terpės savybių. Nemielininėmis skaidulomis nervinis impulsas plinta daug lėčiau nei mielininėmis. Kuo didesnis skersmuo, tuo greičiau sklinda nervinis impulsas.

Mielino dangalas yra tarsi izoliatorius, kadangi aksolemos depoliarizacija įmanoma

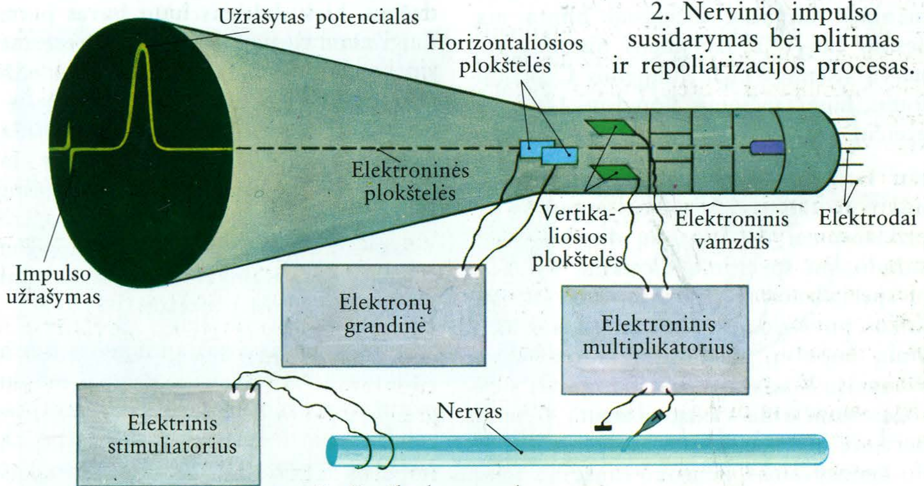
Nervinis impulsas



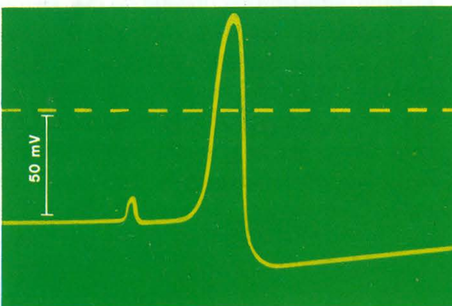
1. Netolygi jonų koncentracija abipus membranos ir membranos potencialo susidarymas.



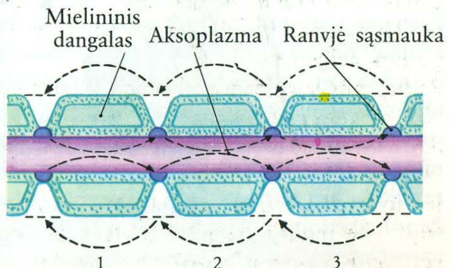
2. Nervinio impulso susidarymas bei plitimas ir repoliarizacijos procesas.



3. Osciloskopo schema.



4. Nervinio impulso oscilograma.



5. Netolygiai plintančio impulso mielininėje skaiduloje schema.

tik mielinizuotų skaidulų Ranvjė sąsmaukose; tokiu atveju impulsas plinta netolygiai, taip sutaupoma energijos ir padidėja greitis. Smarkesniu dirgikliu sujaudinus visas nervo skaidulas, pakinta potencialas gretimame taške, ir grafikas atitinka vieno nervinio impulso plitimo grafiką. Tačiau jei priimantis elektrodas yra toliau už dirginantįjį, kreivė atrodo susiskirsčiusi į tris ar daugiau sutampančių pakilimų (→ 1), ir kiekvienas pakilimas siejasi su tam tikru kiekiu skaidulų, kuriomis impulsas plinta tuo pačiu greičiu. Didžiausias perdavimo greitis (nuo 80 iki 150 m/s) yra α mielininėse 12—20 μ skersmens skaidulose, siunčiančiose impulsus somatiniams raumenims; impulsai lėčiausiai plinta mažesnio nei 1 μ skersmens autonominės nervų sistemos nemielininėmis C skaidulomis, siunčiančiomis impulsus 1—2 m/s greičiu.

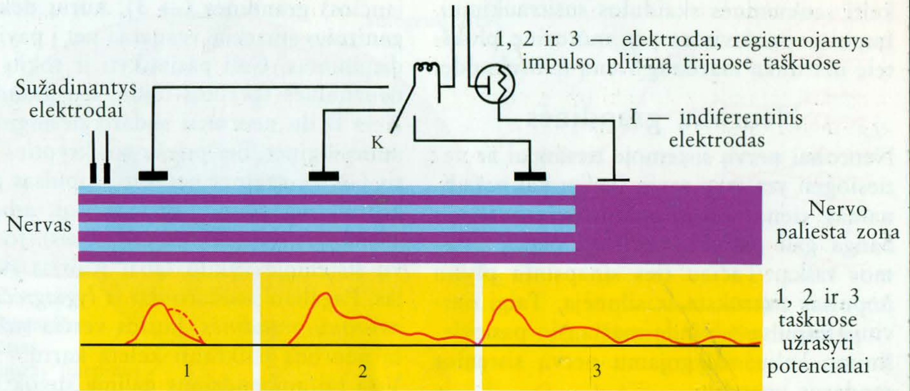
Kai kurie neuronai gali sukelti spontaniškus ir palyginti ritmiškus impulsus nepriklausomai nuo išorinių dirgiklių. Kiti sužadinami specifinių dirgiklių, kylančių jų specializuotose galūnėse, arba dėl aplinkos poveikio. Dar kiti paveikiami nervinių impulsų, atsklidusių kitų neuronų aksonais. Visais atvejais sudirgintas neuronas siunčia ne vieną, o srautą vienodų nervinių impulsų, kuriuos sąlygoja dirgiklio intensyvumas, neurono funkcinė būklė (→ 2) ir kt.

Nervinio impulso perdavimas sinapsėse. Pasiekęs nervinės galūnės sinapsinį sustorėjimą nervinis impulsas presinapsinėje membranoje sukelia mediatoriaus pūslelių plyšimą, iš jų išsiliejęs *cheminis mediatorius* (*neuromediatorius*) patenka į sinapsės plyšį, atveria posinapsinės ląstelės membranoje kelius natrio (Na^+) jonams ir dėl to depoliarizuojasi. Tuomet atsiranda posinapsinis potencialas, kuris virsta veikimo potencialu (→ 3). Vieno nervinio impulso paprastai nepakanka sužadinti presinapsinės membranos, iš kurios prasidės gretimo neurono sužadinimas. *Posinapsinis potencialas* plinta apie 10—20 m/s greičiu. Jei šiame intervale skaidulą paveikia nauji impulsai, jų veikimas sumuojasi ir gali pasiekti kritinį depoliarizacijos lygį (laikinę sumaciją). Reikšmingesnė yra erdvinė sumacija, reiškinys, kuris susidaro nerviniams impulsams sinchroniškai sklindant dviem ar daugiau takų, nes, kaip jau sakyta, kiekvienas neuronas susiliečia su daugeliu kitų neuronų galūnių: lokalinės depoliarizacijos veikimas į įvairius taškus pakelia posinapsinį jaudinimo potencialą viršum kritinio taško. Posinapsinis neuronas siunčia paskesnius impulsus tiek didesniu dažniu, kiek didesnis būtų buvęs perteklius viršum slenksčio. Kai kurios presinapsinės galūnės išskiria slopinančią medžiagą, kuri hiperpoliarizuoja membraną ir slopina jaudinimo procesą. Taip susidaro *posinapsinis slopinantis potencialas.* Jaudinimo banga sinapsėse sklinda kryptingai nuo pirmojo neurono dendrito iki antrojo neurono ląstelės kūno. Sujaudintos sinapsės ilgai išlieka aktyvios ir skatina atminties ir mokymosi procesus.

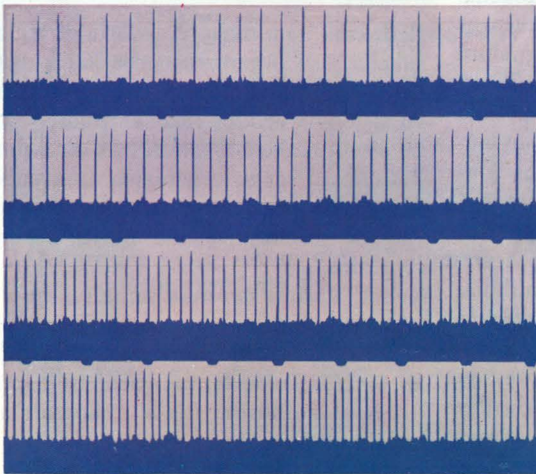
Jaudinimo perdavimas audiniui efektoriui. Atsklidusių motoriniais nervais nervinių impulsų sužadinti arba keičiantys savo veiklą organai reaguoja į tam tikras chemines medžiagas, kurias išskiria tų pačių nervų galūnės. Tokiu būdu motorinės nervinės skaidulos galūnė somatiniame raumenyje suformuoja kompleksinę struktūrą, vadinamą *motorine plokštele* (→ 4). Tarp aksono galūnių išsišakojimų ir raumeninės skaidulos sarkolemos lieka siauras plyšys, į kurį, atsklidus impulsui, išsilieja nervų galūnių aksoplazmoje esančių daugybės pūslelių turinys. Tuo atveju cheminis mediatorius yra acetilcholinas, kuris šia kryptim veikia daugelį kitų efektorių ir sinapsių.

Motorinės plokštelės savybės panašios į sinapses, tačiau joje, skirtingai negu sinapsė-

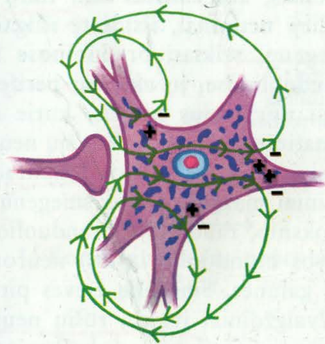
Nervinis impulsas



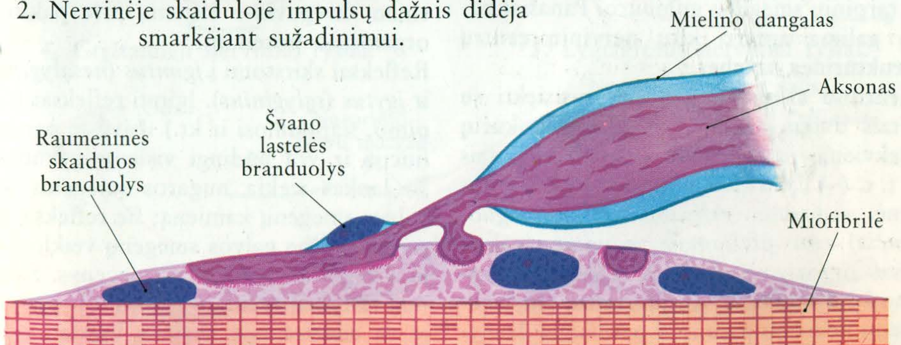
1. Neurono membranos potencialo kitimų grafikas.



2. Nervinėje skaiduloje impulsų dažnis didėja smarkėjant sužadinimui.



3. Posinapsinio neurono mediatorių veikla sinapsėje.



4. Motorinės plokštelės schema.

je, pakanka tik vieno nervinio impulso sukelti raumeninės skaidulos susitraukimui. Impulso perdavimas per motorinę plokštelę užtrunka maždaug vieną milisekundę.

Neuronų grandinės

Neuronai nervų sistemoje tiesiogiai ar netiesiogiai yra tarp savęs susiję; kai sužadinamas vienas kuris neuronas, jaudinimo banga gali pasiekti bet kurį nervų sistemos tašką. Tačiau ties sinapsiniu plyšiu impulsas nutrūksta ir silpnėja. Taigi nervinis impulsas sklinda mažiausio pasipriešinimo keliu, sąlygojamu nervų sistemos sandaros ypatybių.

Centrinės nervų sistemos dalys jungiasi į sistemas, atliekančias tam tikrą funkciją. Didieji neuronai, išsidėstę išilgai nugaros smegenų, telkiasi priekiniuose segmentų branduoliuose, jų aksonai periferijoje sudaro nugarinius nervus, kurie inervuoja somatinius raumenis. Ant šių neuronų baigiasi ir kitų, skirtingos lokalizacijos (nugariniai mazgai, galvos smegenų žievės 4 sluoksnio, raudonojo branduolio, pusiausvyros branduolių ir kt.) neuronų nervinės galūnės. Smegenų žievės piramidiniai ir žvaigždiniai įvairių rūšių neuronai yra tarpusavy susijusiuose sluoksniuose ir suformuoja įvairios struktūros grandines. Jų aksonų galūnės juos sujungia su kitomis neuronų grandinėmis. Savo ruožtu jas veikia aferentinės skaidulos, ypač ateinančios iš tarpinių smegenų gumburo. Panašiai būtų galima aptarti kitų nervinių centrų struktūrines savybes.

Neurono aksono šakos gali susisiekti su kitais dviem ar daugiau neuronų, kurių kiekvienas savo ruožtu jungiasi su kitais ir t. t. (→ 2). Tokia neuronų jungčių grandinė, vadinama *skleidžiamąja (diverguojančia)* arba *plečiamąja grandine*, įgalina visas organizmo sistemas ir organus reaguoti į dirginimus. Antra vertus, ant kiekvieno neurono paprastai pasibaigia daugybė kitų neuronų nervų galūnių, ir tokiu būdu susidaro glaudžiamosios (konverguojančios) grandinės (→ 3), kurių dėka organizmas smarkiai reaguoja net į pavienius dirginimus. Gali pasitaikyti ir tokių tarpneuroninės sąveikos būdų, kai grandinėje A → B du neuronai sudaro tiesiogines ar netiesiogines, bet priešingos krypties jungtis (→ 4), tuomet nervinis impulsas plinta atgaline kryptimi (*grįžtamosios*, arba *atspindimosios, neuronų grandinės*). Jos nervų sistemoje vykdo labai įvairias funkcijas. Pagaliau susidaro dar ir *lygiagrečiosios neuronų grandinės*, kurios verčia sužadintą neuroną išsikrauti keletą kartų.

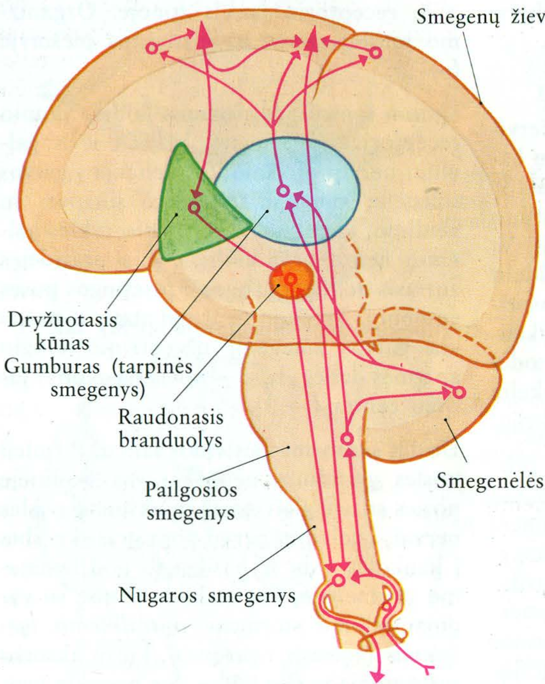
Visa tai apibendrinus galime suvokti, kokia sudėtinga yra nervų sistemos struktūra ir veikla.

Refleksai. Tam tikrų receptorių dirginimas sukelia viso organizmo arba kai kurių jo dalių reakciją. Refleksai, pagrindinis nervų sistemos veiklos mechanizmas, yra atsakomoji reakcija į tam tikrus dirginimus, dažniausiai saugo organizmą arba padeda jam atlikti įprastus veiksmus netgi nedalyvaujant aukštesniesiems nervų sistemos centrams.

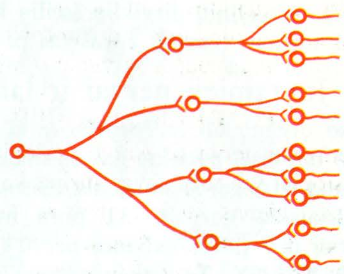
Kelias, kuriuo nervinis impulsas nuo receptoriaus per centrinę nervų sistemą plinta iki efektoriaus, vadinamas *reflekso lanku* (→ 6). Tokie lankai gali būti paprasti (toniniai monosimpatiniai refleksai) arba labai sudėtingi (pvz., nervinių ląstelių sąveika užtikrinant vertikalią eiseną arba derinant kvėpavimo sistemą prie pakitusių organizmo poreikių).

Refleksai skirstomi į *įgimtus* (*nesąlyginius*) ir *įgytus* (*sąlyginius*). Įgimti refleksai (čiulpimo, šlapinimosi ir kt.) išsivystė per evoliuciją ir yra būdingi visiems gyvūnams. Jų lankas siekia nugaros smegenis arba galvos smegenų kamieną; šie refleksai gali pasireikšti be galvos smegenų veiklos, nes juos reguliuoja nugaros smegenys. Sąlyginiai refleksai susidaro ilgainiui ir yra susiję su aukštesniąja nervine veikla: mokymusi, atmintimi ir pan. Aiškus tokio re-

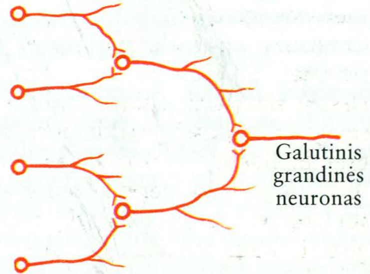
Neuronų grandinės



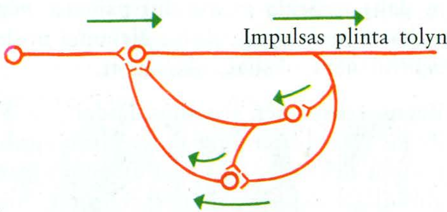
1. Centrinės nervų sistemos pagrindinių funkcijų grandinių schema.



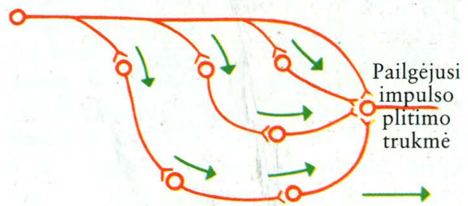
2. Diverguojančių neuronų grandinė.



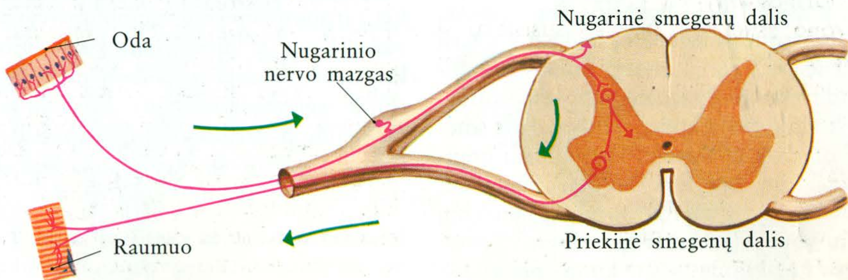
3. Konverguojančių neuronų grandinė.



4. Grįžtamieji nerviniai ryšiai.



5. Lygiagretūs nerviniai ryšiai.



6. Paprastasis reflekso lankas.

flekso pavyzdys yra seilių išsiskyrimas, sukeltas vizualinių dirgiklių (seilių išsiskyrimas matant maistą), aprašytas p. 29.

Juntamieji nervai ir laidai

Viso organizmo receptoriuose kilę nerviniai impulsai pasiekia galvos smegenų kamieną ir nugaros smegenis sensoriniais ir mišriaisiais nervais: 31 pora nugarinių nervų ir 7 poros galvinių nervų (I, II, V, VII, VIII, IX, X) turi juntamųjų skaidulų (I, II ir VIII nervai yra vien tik sensoriniai). Neuronas aksono šakomis sąveikauja su daugybe kitų neuronų (→ 1), todėl jomis siunčiamų impulsų srautas sukelia atitinkamų efektorių atsakomąją reakciją.

Bendrieji jutimai. Atsiranda odos ir proprioreceptoriuose. Pirmasis neuronas yra nugarinių bei V, VII, IX ir X galvinių nervų mazguose. Jo centrinė atauga įsiskverbia į smegenis per nugarinio nervo užpakalinę šaknelę arba atitinkamą galvinį nervą. Skausmo ir temperatūros receptoriuose prasidedančios skaidulos sudaro tiesioginę sinapsę su antruoju neuronu, kurio aksonas pereina į kitą smegenų pusę ir kyla iki tarpinių smegenų gumburo *nugariniais gumburo laidais*. Taktiliniai (lietimo) ir proprioreceptoriniai impulsai kyla laidais nugaros smegenų *užpakaliniais pluošteliais* iki pailgųjų smegenų ir smegenėlių; čia sudaro sinapsę su antruoju neuronu, kurio ataugos pereina į priešingą pusę ir kyla iki tarpinių smegenų gumburo *medialine (juntamąja) kilpa*. (Daugelis skaidulų, prasidedančių proprioreceptoriuose, eina nugariniu smegenėlių laidu ir baigiasi smegenėlėse.) Šie jutimai pirmiausia analizuojami gumbure; tačiau subtilesnė informacija daugiausia apdorojama galvos smegenų pusrutulių žievėje. Iš gumburo branduolių, kuriuose yra tretieji neuronai, skaidulos eina į galvos smegenų bendrųjų jutimų zoną (užcentrinio vingio žievė), į kurią atsklinda viso kūno paviršiaus impulsai. Tačiau svarbus yra ne kiekvienos kūno srities užimamas žievėje plotas, o jo receptorių tankis zonoje. Organizmo jutimų zonos pavaizduotos piešinyje (→ 2).

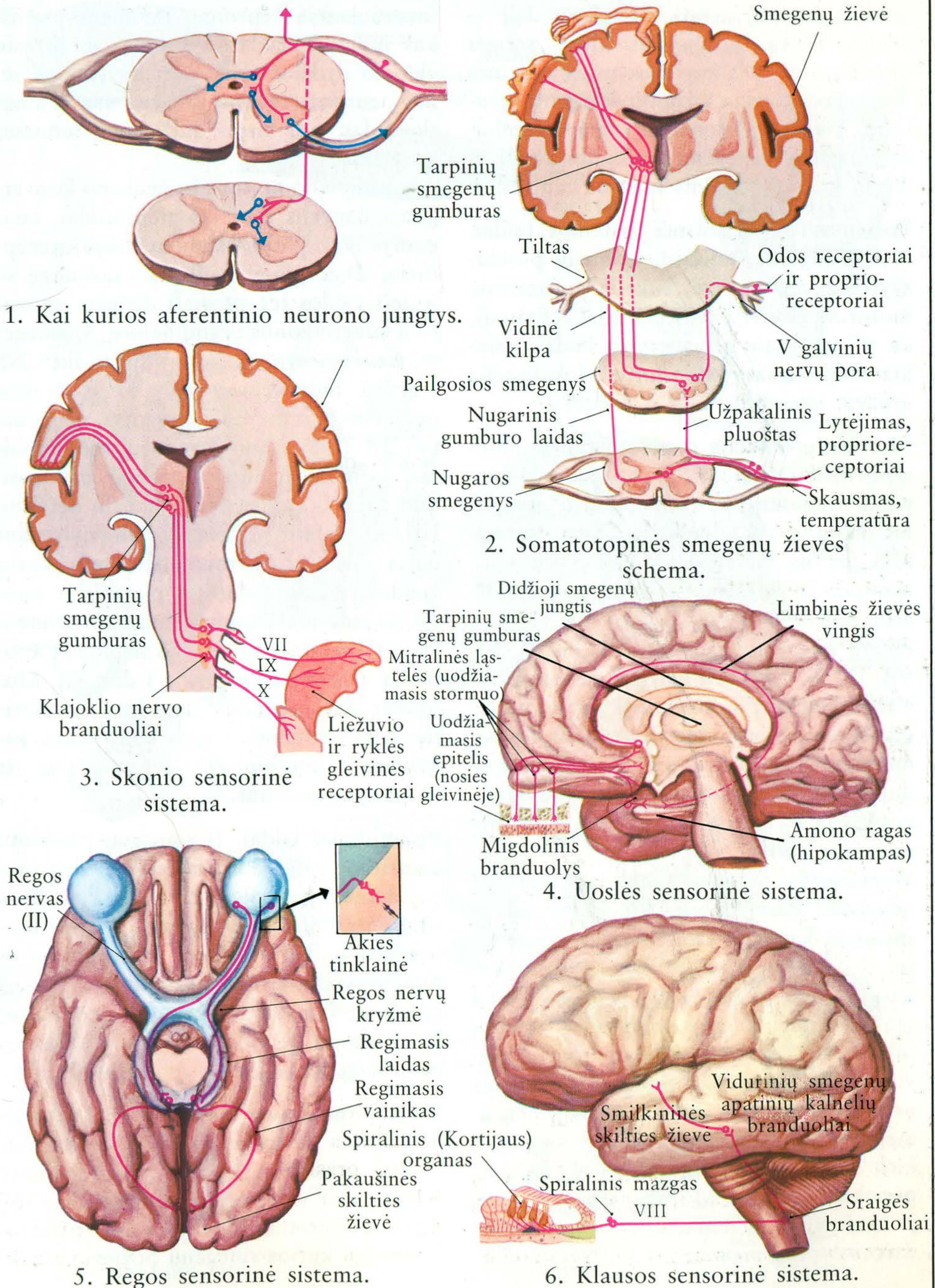
Skonio sensorinės sistemos laidai. Skonio receptoriai inervuojami VII, IX ir X galvinių nervų; jų skaidulos keliauja į galvos smegenų kamieną ir sudaro sinapses su veidinio, klajoklio ir liežuvinio ryklės galvinių nervų branduoliais. Čia prasidėjęs antrasis neuronas ateina į priešingos pusės gumburą. Trečiųjų neuronų ataugos pasiekia galvos smegenų užcentrinio vingio apatinės dalies žievę — spėjamą skonio jutimo centrą (→ 3).

Uoslės sensorinės sistemos laidai. Pirmieji uoslės grandinės neuronai yra uoslinėje nosies srities gleivinėje. Jų aksonai, uoslės nervai, I galvinių nervų pora prasiskverbia į kaukolės vidų ir pasibaigia uodžiamajame stormenyje, kur sudaro sinapsę su vadinamosiomis stormens *mitralinėmis ląstelėmis* (antrasis neuronas), kurių aksonai suformuoja uoslės laidus. Šie pasiekia įvairias smegenų žievės dalis, nepereidami tarpinių smegenų gumburo (→ 4). Didesnė jų dalis pasiekia pusrutulių pamato *migdolinį branduolį*, o tikslūs žieviniai uoslės centrai nėra tiksliai lokalizuoti.

Regos sensorinės sistemos laidai (→ 5). Regos receptoriai jungiasi su pirmuoju bipoliniu neuronu, šis — su antruoju (gangliniu) — akies tinklainės neuronu. Antrųjų arba trečiųjų neuronų aksonai pasiekia tarpinių smegenų gumburą regos nervais (II pora), kurių vidinės skaidulos vėliau susikryžiuoja (pereina į priešingą pusę), ir *regimaisiais laidais*. Trečiųjų neuronų skaidulos (*regimųjų laidų vainikas*) nusitęsia į galvos smegenų pakaušinės skilties žievę — žievinį regos centrą.

Klausos sensorinės sistemos laidai (→ 6). Spiralinio (Kortijaus) organo plaukuotos ląstelės jungiasi su spiralinio mazgo bipoli-

Juntamieji nervai ir laidai



1. Kai kurios aferentinio neurono jungtys.

2. Somatotopinės smegenų žievės schema.

3. Skonio sensorinė sistema.

4. Uoslės sensorinė sistema.

5. Regos sensorinė sistema.

6. Klausos sensorinė sistema.



niais neuronais, kurių įcentrinės skaidulos sudaro galvinių nervų VIII poros dalį — sraigės nervą. Jie baigiasi tilto *sraigės branduoliuose*, iš kurių išėjusios nervinės skaidulos pasiekia tarpinių smegenų gumburą. Tretieji neuronai sujungia šį gumburą su galvos smegenų smilkininių skilčių žieve, kur yra žievinis klausos centras.

Pusiausvyros sensorinės sistemos laidai. Nors dauguma impulsų, kylančių pusiausvyros receptoriuose, sukelia automatinę motorinę reakciją (vestibuliniai refleksai), vis tik kai kurie pusiausvyros laidai pasiekia smegenų žievę. Šių jutimų lokalizacija griežtai neapibrėžta.

Motorinių funkcijų reguliavimas. Raumenų ir liaukų veiklą ir darną reguliuoja nerviniai impulsai. Neuronai, kurių ataugomis sklinda šie impulsai, sudaro motorinius nervus. Jie išeina iš galvos smegenų kamieno ir nugaros smegenų motoriniais arba mišriaisiais nervais. Tai yra 31 pora mišrių nugarinių nervų ir III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI ir XII galvinių nervų poros. Tarp somatinių motorinių skaidulų, pasiekiančių griaučių raumenis, reikšmingos somatinės ir vegetacinės nervų sistemos skaidulos, kurios tvarko lygiuosius raumenis, miokardą ir liaukas. Aptarsime somatinę motorinę veiklą.

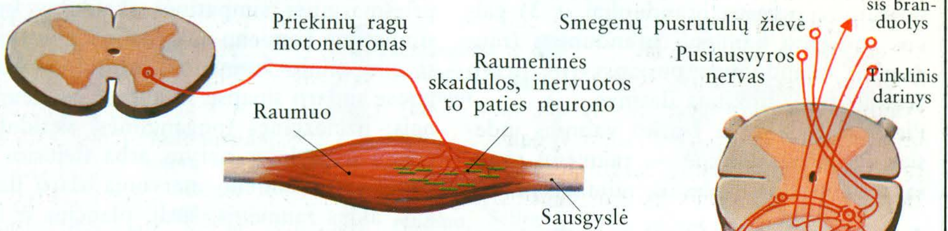
Skersaruožio raumens skaidulas inervuoja neuronai, kurių ląstelės kūnas yra galvos smegenų kamiene arba nugaros smegenyse; iš čia nervinės skaidulos tęsiasi į skeleto raumenis. Motorinių neuronų kūnai yra priekinių nugaros smegenų segmentų pilkosios medžiagos ragų ir motorinių galvinių nervų branduoliuose. Kiekvienas neuronas inervuoja daugiau ar mažiau raumeninių skaidulų, priklausomai nuo to, į kiek nervinių galūnių suskyla jų aksonas, pasiekęs raumenį. Motoneuronas ir visos jo inervuojamos raumeninės skaidulos sudaro *motorinį vienetą* (→ 1). Nesąmoningą skersaruožių raumenų darbą tvarko jį inervuojantys neuronai. Raumens plastiškas judesys priklauso nuo jo motorinio vieneto dydžio: akies raumenyse kiekvienas neuronas inervuoja šešias raumenines skaidulas, tuo tarpu didžiajame sėdmens raumenyje — 750.

Ant kiekvieno motorinio neurono konverguoja daugelis kitų: 1) aferentiniai, ateinantys iš to paties raumens proprioreceptorių; 2) tarpiniai neuronai, susijungę su įvairiais odos receptoriais daugiau ar mažiau sudėtingomis grandinėmis; 3) smegenų žievės neuronai, kurie nutįsta iki CNS esančio motoneurono ir 4) iš įvairių požievio branduolių ateinantys neuronai (→ 2). Taigi vieno motoneurono impulsas, jo intensyvumas ir trukmė priklauso nuo daugelio judesius tvarkančių nervinių ląstelių veiklos. Tačiau žmogui judant dalyvauja įvairūs raumenys, nuo kurių veiklos priklauso darnūs, plastiški ir nuoseklūs judesiai. Tuomet daugybe motoneuronų sklindanti informacija sukelia jų nuoseklią atsakomąją reakciją į dirgiklį. Motoneuronai perduoda impulsus iš centrinės nervų sistemos į visas kūno dalis, sukeldami sąmoningus, automatinius ir nevalingus judesius.

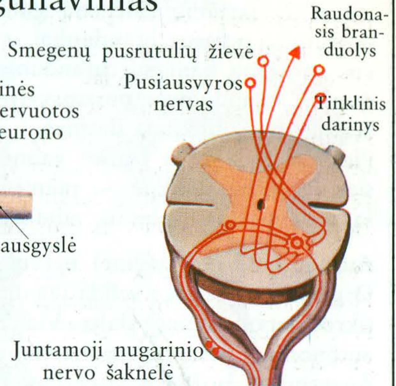
Piramidiniai laidai. Iš smegenų priekinio centrinio vingio žievės išeina nervinės skaidulos, pasibaigiančios ant nugaros smegenų ir galvos smegenų kamieno motoneuronų. Jos prasideda smegenų žievės penktojo sluoksnio piramidinėse (Beco) ląstelėse; čia skaidulos pasiskirsto atitinkamai pagal kūno raumenų inervacijos projekciją šiame žievės plote (→ 3).

Ekstrapiramidiniai laidai (→ 1). Anatomine sandara jie panašūs į kitus motorinius laidus, prasidedančius aukštesniuosiuose centruose ir neįeinančius į piramidinę sistemą. Ekstrapiramidinei sistemai priklauso: 1) kai kurios smegenų požievio struk-

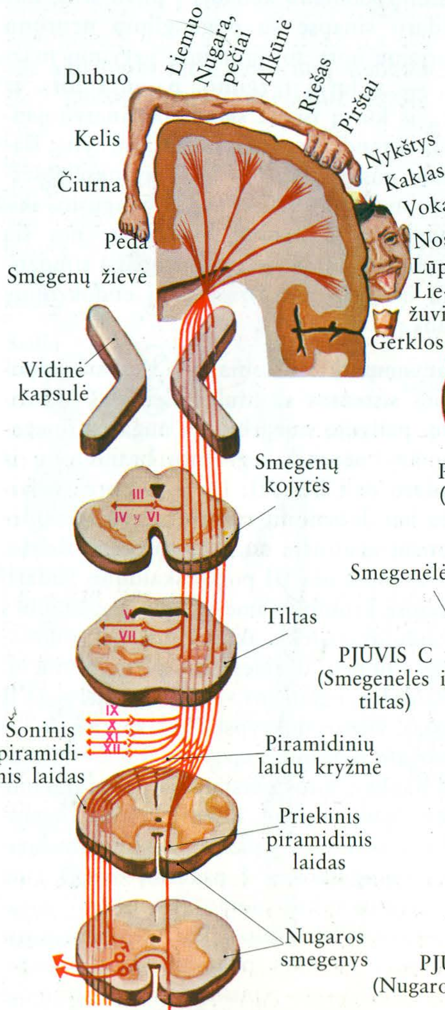
Motorinės veiklos reguliavimas



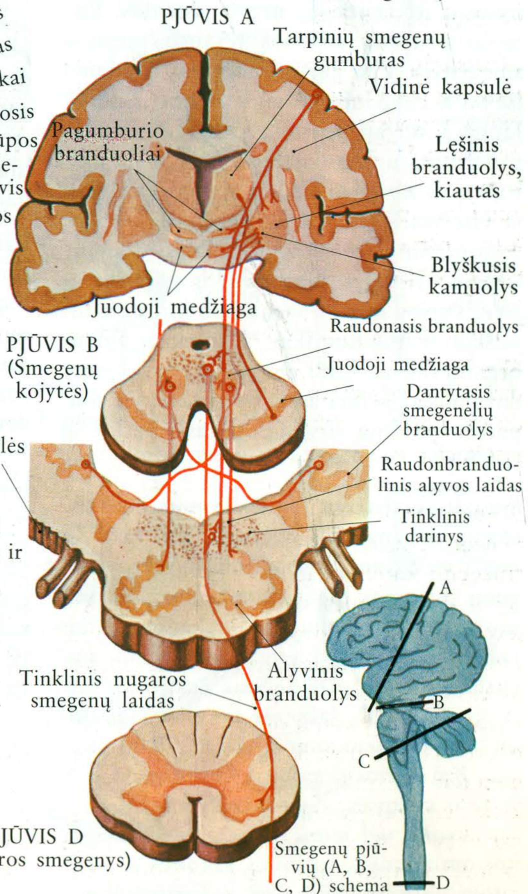
1. Motorinis vienetas.



2. Skaidulų konvergencija.



3. Piramidinių laidų sistema.



4. Ekstrapiramidinės sistemos laidai.

tūros, 2) tarpinių smegenų gumburo ir pusrutulių pamato branduoliai ir 3) galvos smegenų kamieno branduoliai (raudonasis branduolys, pusiausvyros nervo branduoliai), tinklinis darinys.
Piramidinė sistema tvarko valinius judesius; ekstrapiramidinė — raumenų tonusą, automatinius judesius, mimiką, gestus.

Autonominė (vegetacinė) nervų sistema. Organizmo viscerinę veiklą reguliuoja tam tikros nervų sistemos dalys. Viena iš jų — autonominė nevalinė reguliavimo sistema. Anatominiu požiūriu viscerinės, išcentrinės skaidulos sudaro sinapses ne smegenyse, o už centrinės nervų sistemos. Pirmojo neurono aksonas (esantis nugaros smegenyse arba galvos smegenų kamiene) išeina iš centrinės nervų sistemos ir persijungia į antrąjį neuroną kuriame nors autonominės nervų sistemos mazge; šio antrojo neurono pagrindinės ataugos inervuoja viscerines struktūras (→ 1).
Autonominę (vegetacinę) nervų sistemą sudaro dvi dalys: *simpatinė* ir *parasimpatinė*, kurios skiriasi viena nuo kitos anatomiškai ir fiziologiškai. Dauguma vidaus organų inervuojami abiejų sistemų, kurios dažniausiai veikia antagonistiškai: jei simpatinė jaudina organą, parasimpatinė jį slopina.

Simpatinė sistema (→ 2). Simpatinės sistemos ikiganglinai neuronai yra krūtininių ir viršutinių juosmeninių nugaros smegenų pilkosios medžiagos segmentų šoninių ragų branduoliuose. Jų skaidulos (ikimazginės) išeina iš nugaros smegenų nugarinių nervų priekinėmis šaknelėmis ir jungiamosiomis šakomis pereina į abipus stuburo esančius simpatinio kamieno mazgus. Kai kurios skaidulos šiuose mazguose sudaro sinapses; dalis užmazginių neuronų aksonų vėl įeina į nugarinį nervą pilkosiomis jungiamosiomis šakomis ir inervuoja odos kraujagysles, prakaito liaukas ir plaukų šiaušiamuosius raumenis. Kitos priešmazginės simpatinės skaidulos kyla simpatiniu kamienu aukštyn ir kai kuriuose simpatinio kamieno kakliniuose mazguose sudaro sinapsę su antraisiais neuronais; užmazginės (poganglinės) skaidulos eina į nugarinius nervus arba išėjusios iš simpatinio kamieno inervuoja ašarų liaukas, akies raumenis, širdį, plaučius ir kt. Pagaliau dalis ikiganglinių skaidulų iš simpatinio kamieno keliauja į pilvo sritį, kur sudaro sinapsę su pogangliniu neuronu kuriame nors autonominių nervinių mazgų — vidurių rezginio, pasaitiniuose ar kt., iš kurių išeina skaidulos, inervuojančios skrandį, kepenis, blužnį, žarnyną, šlapimo pūslę ir kt. (→ 3). Į antinksčių šerdinę medžiagą ateina nepersijungusios ikiganglinės simpatinės skaidulos, nes šią struktūrą galima laikyti savotišku simpatiniu mazgu, transformuotu į endokrininę liauką.

Parasimpatinė sistema (→ 3). Parasimpatinės sistemos skaidulos išeina iš vidurinių, pailgųjų smegenų bei nugaros smegenų kryžmeninių segmentų branduolių ir sudaro dalį III, VII, IX ir X poros galvinių bei dubeninių vidurių nervų, prasidedančių apatinėje nugaros smegenų dalyje. Parasimpatinės III poros skaidulos sudaro sinapsę krumpliniame mazge; poganglinės skaidulos pasiekia akies vyzdžio sutraukiamąjį raumenį ir akies krumplyno raumenį. Skaidulos, einančios veidiniame nerve (VII pora), vienos nukrypsta link sparninio gomurinio nervinio mazgo, o iš čia — į ašarų liaukas; kitos persijungia pažandiniame nerviniame mazge, iš kurio išeina poganglinės skaidulos į pažandines ir paliežuvines seilių liaukas. Į paausinį mazgą eina liežuvinio ryklės nervo (IX poros) parasimpatinės skaidulos, kurios, sudariusios sinapsę, pasiekia paausio seilių liaukas. Pats didžiausias parasimpatinėje sistemoje yra klajoklinis nervas (X pora), kadangi jo

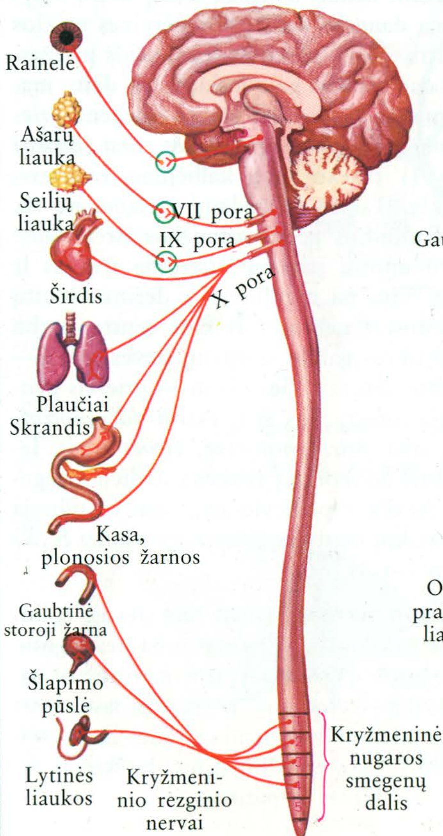
Autonominė (vegetacinė) nervų sistema

Centrinė nervų sistema
Somatinės motorinio nervo skaidulos
Skersaruožis (valingas) raumuo
Autonominių nervų schema
Mazgas (ganglijas)
Ikiganglinis neuronas
Poganglinis neuronas
Lygusis (nevalingas) raumuo, miokardas arba liauka

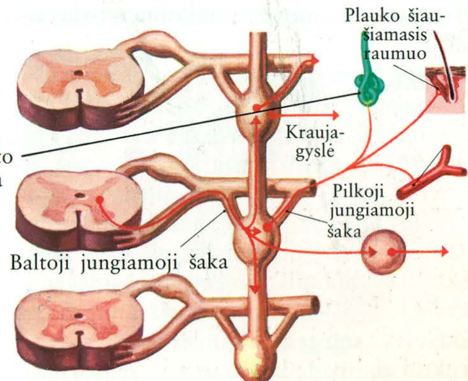
1. Skirtumas tarp motorinių somatinių ir autonominių (viscerinių) nervų.

Rainelė
Ašarų liauka
Seilių liauka
Viršutiniai kakliniai mazgai
Širdis
Plaučiai
Vidurių mazgas
Skrandis, kasa, žarnynas
Antinksčių šerdis
Viršutinis pasaito mazgas
Gaubtinė storoji žarna
Apatinis pasaito mazgas
Šlapimo pūslė
Tarpiniai mazgai
Lytinės liaukos
Simpatinis kamienas
Krūtininė simpatinio kamieno dalis
Juosmeninė simpatinio kamieno dalis

2. Simpatinės nervų sistemos schema.



3. Parasimpatinės nervų sistemos schema.



4. Ikiganglinio simpatinio neurono jungčių schema.

skaidulos išplinta į daugybę vidaus organų — širdį, plaučius ir beveik į visus pilvo ertmės organus. Šių struktūrų pogangliniai neuronai suformuoja nervinius rezginius, kurių skaidulos ir inervuoja organus.

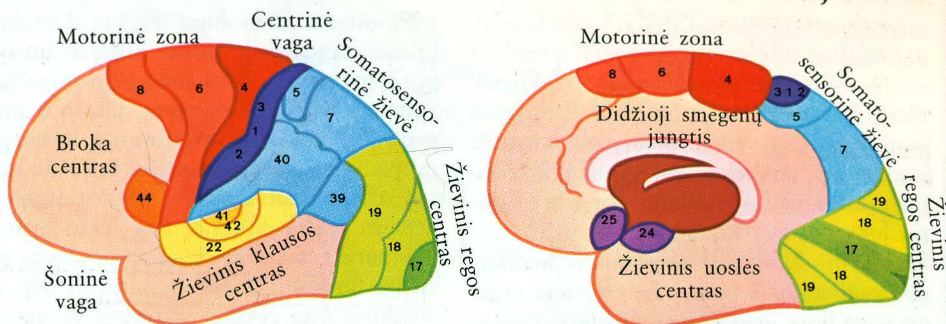
Juntamoji (sensorinė) integracija. Sužinojome, kad juntamosios nervinės skaidulos baigiasi tam tikrose galvos smegenų žievės srityse. Greta kiekvienos šių zonų yra kitos, vadinamos *asociacinėmis*, artimai susijusios su pirmosiomis jungiamaisiais neuronais; jos tvarko ir derina gaunamus pirminėje zonoje impulsus, kaupia sensorinę patirtį ir įtakoja pirmosios veiklą. Į sensorines zonas atsklinda impulsai ne tik iš tarpinių smegenų gumburo ir kitų žievės zonų, bet ir iš limbinės sistemos bei vidurinių smegenų ir kamieno tinklinio darinio. *Limbinė sistema* yra filogenetiškai seniausiųjų ir senųjų nervų sistemos struktūrų kompleksas, padengtas naujausia žieve (*neocortex*), ir smegenų pusrutuliuose aplink galvos smegenų kamieną sudaro savotišką žiedą. *Limbinė sistema* sudaryta iš juostinio vingio, Amono rago, skliauto, migdolinio kūno, pagumburio, dalies tarpinių smegenų gumburo branduolių, speninių kūnų ir kt. Tai yra uoslės ir skonio sensorinių sistemų žievinis centras, ji reguliuoja ir kontroliuoja tam tikrą elgesį (džiaugsmą, baimę, pasitenkinimą, pyktį ir pan.).
Tinklinis darinys yra tam tikrų polimorfiškų neuronų ir jų ataugų tinklinė struktūra, esanti tarp centrinės nervų sistemos kylamųjų ir nusileidžiamųjų laidų. Ji tęsiasi per visą galvos smegenų kamieną iki pat tarpinių smegenų. Visų juntamųjų laidų atšakos sueina į tinklinį darinį, o šis savo ruožtu skaidulomis projektuojasi smegenų žievėje (p. 75 →). Tinklinis darinys, aktyvindamas smegenų kamieno ir žievės struktūras, padeda išlaikyti sensorinio suvokimo centrų budrumą. Manoma, kad tinklinio darinio tarpinių smegenų dalis sužadina atmintį ir sąlygoja jos trukmę žievėje.

Motorinis koordinavimas. Jau kalbėta, kad visiems nervų sistemos lygiams yra būdingas motorinis koordinavimas. Tačiau aukščiausias funkcijas derina daugelis nervų sistemos dalių, kurių visuma lemia tam tikrą individo elgesį. Staigus rankos atitraukimas įsidūrus pirštą yra paprasčiausias refleksas, koordinuojamas nugaros smegenų, į kurias užpakalinėmis nugarinio nervo šaknelėmis atsklidę impulsai sužadina atitinkamas lokalines išcentrinių (motorinių) neuronų grandines. Priešingai, išsakant keliais žodžiais aiškią mintį dalyvauja daugelis aukštosios nervinės veiklos centrų. Šiuos procesus lemiančios priežastys dar nėra iki galo aiškios. Vis dėlto manoma, kad tam tikra galvos smegenų *priekinio centrinio vingio žievės zona (Broka)* (→ 1) tvarko visų kalbėjimo raumenų veiklą. Tačiau kalbėdami tariame ne tik artikuliuotus garsus: žodžiais išreiškiame savo mintis, jausmus, darome išvadas ir pan. Visa tai reguliuoja ir derina su kitų aukštosios nervinės veiklos centrų darbu tam tikros galvos smegenų žievės sritys — kalbos centrai. Viena iš jų — priešais bendrąją integracijos sritį esanti *ideomotorinė*, arba *psichomotorinė*, *žievės sritis*, lemianti atsakomąją reakciją. Gilieji smegenų žievės ir požievio neuronai reguliuoja abstraktų mąstymą ir kitas gyvybines funkcijas (→ 4).

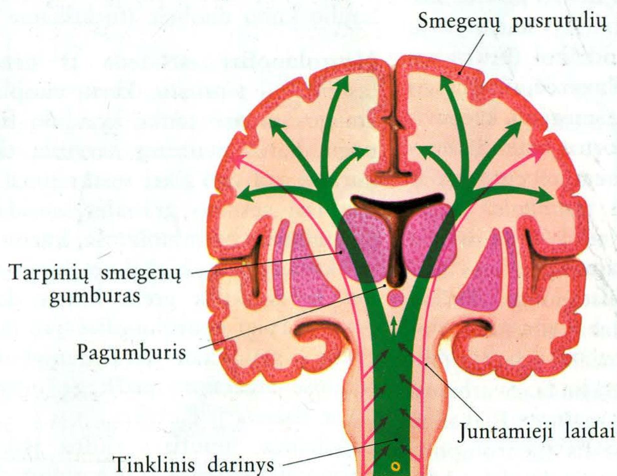
Elgesys. Gyvūno elgesys tam tikroje aplinkoje gali būti nuspėjamas arba ne. Elgesio priežastis nagrinėja svarbi neurofiziologijos šaka — etologija. Elgesio nepastovumą tarp kitų veiksnių lemia vidinės motyvacijos procesai, „pasislinkimo“ reiškiniai, be to, suvokimas ir patirtis.

Endokrininę sistemą sudaro liaukos, kuriose gaminamos tam tikros cheminės

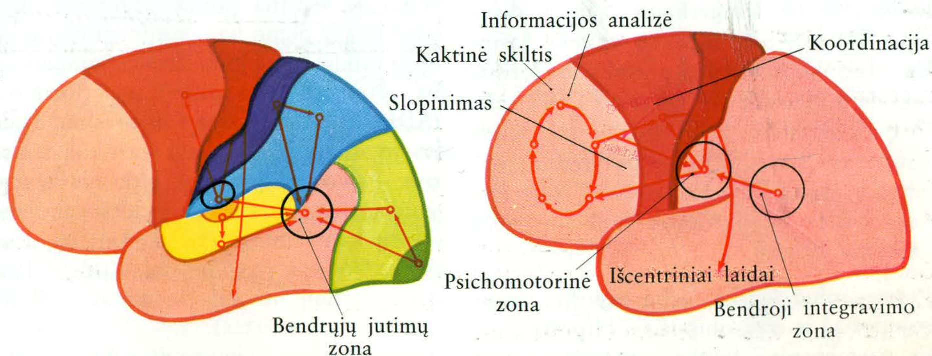
Sensorinė integracija — motorinė koordinacija



1. Smegenų pusrutulio paviršius ir pjūvis. Svarbiausios smegenų žievės zonos. Ryškesniais tonais nuspalvintos pirminės zonos, šviesesniais — asociacinės.



2. Tinklinis darinys aktyvina galvos smegenų žievę.



3. Bendrųjų jutimų zona.

4. Psichomotorinė zona ir motorinės veiklos reguliavimas.

Endokrininė sistema

medžiagos išskiriamos tiesiai į kraują ir išnešiojamos po visą organizmą. Jos taip pat vadinamos vidaus sekrecijos liaukomis, modifikuojančiomis kitų, ypač specifiškai jautrių ląstelių veiklą. Šios liaukos neturi ištekamųjų latakėlių, išskiriančių sekrecijos produktus į organizmo išorę, bet išskiria juos tiesiai į kraujo kapiliarus. Endokrininių liaukų gaminamos medžiagos vadinamos *hormonais*; jie lemia organų ir audinių medžiagų apykaitą ir formavimąsi. Tam tikru požiūriu visas organizmo ląsteles galima būtų laikyti priklausančias endokrininei sistemai, kadangi jų medžiagų apykaitos produktai turi įtakos kitų ląstelių veiklai. Pavyzdžiui, anglies dioksidas (CO_2) veikia smegenų kvėpavimo centro neuronus, aortos lanko ir miego arterijos kūnelių chemoreceptorius ir lygiuosius kraujagyslių raumenis. Antra vertus, daugelis organizmo ląstelių išskiria fiziologiškai gana aktyvias specifines medžiagas (pavyzdžiui, histaminą). Tačiau vieni hormonai veikia labai ribotame plote — vietiškai, nes išskiriami į tarpląstelinius tarpus ir toli nepasklinda. Svarbiausi endokrininiai organai yra šie: užpakalinė pasmegeninės liaukos dalis (neurohipofizė), priekinė pasmegeninės liaukos dalis (adenohipofizė), skydliaukė, prieskydinės liaukos, kasos (Langerhanso) salelės, difuzinės skrandžio ir žarnyno epitelio ląstelės, antinksčio žievė, antinksčio šerdis, sėklidė ir kiaušidė (→ 1). Yra ir kitų struktūrų, veikiančių kaip vidaus sekrecijos liaukos tik tam tikrą laiką, pavyzdžiui, placenta ir kiaušidės geltonkūnis. Kankorėžinės liaukos endokrininės funkcijos nėra galutinai ištirtos.

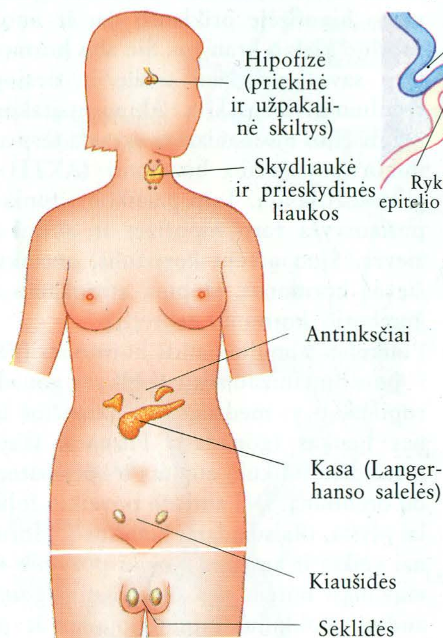
Pasmegeninė liauka, arba hipofizė: neurohipofizė ir adenohipofizė. Hipofizė, arba pasmegeninė liauka, yra nevienalytis organas: ją sudarančios dvi skiltys, neurohipofizė ir adenohipofizė, yra skirtingos kilmės, sandaros ir atlieka kitokias funkcijas. Užpakalinė skiltis, arba neurohipofizė, išsivysto iš galvos smegenų tarpinių smegenų pūslelės ir prisitvirtinusi prie smegenų pamato siauru piltuvėliu. Priekinė skiltis, arba adenohipofizė, susiformuoja iš gemalo ryklės epitelio, t. y. ektodermos. Vystantis gemalui ši *ektodermos įlanka* pasiekia tarpinių smegenų piltuvėlį (→ 2), atsiskiria nuo ryklės ir susilieja su neurohipofize. Jų tarpinė zona sudaro vidurinę skiltį. Visas organas yra kaukolėje, pleištakaulio kūno duobėje (turkiškame balne).

Neurohipofizė susideda iš neuroglijos ląstelių — *pituicitų*, kurių citoplazminės ataugos sudaro tankų skaidulų tinklą, ir pagumburio neuronų nervinių skaidulų, kuriose yra tam tikri sustorėjimai. Šiuose kaupiasi sekreto granulės, susidarančios pagumburio branduoliuose, kurios keliauja aksonais iki užpakalinės hipofizės skilties ir išsiskiria greta kraujo kapiliarų (→ 3). Taigi neurohipofizė yra tarsi saugykla: ji gauna tam tikrą pagumburio neuronuose pagamintą medžiagą (neurosekretą) ir išskiria jį į kraują.

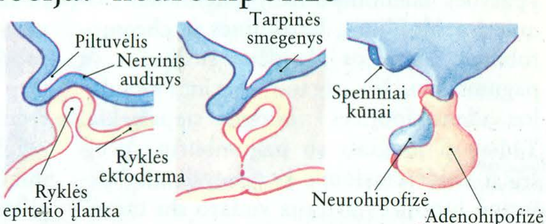
Užpakalinė hipofizės skiltis išskiria du hormonus: oksitociną ir antidiuretinį hormoną (ADH), kurie yra polipeptidai. Oksitocinas skatina gimdos raumenų susitraukimą ir pieno liaukų mioepitelinių ląstelių veiklą; ypač jo pagausėja gimdant arba žindant. Antidiuretinis hormonas (ADH) dar vadinamas vazopresinu. Didelės jo dozės veikia kaip vazokonstriktorius — nuo jo padidėja arterinis kraujospūdis; jis padeda reabsorbuotis vandeniui inkstų kanalėliuose (žr. p. 43); jeigu sutrinka jo gamyba, inkstai išskiria labai daug skysčių, nuolat jaučiamas troškulys (necukrinis diabetas).

Adenohipofizė išsivysto iš ryklės epitelinės kišenės. Pagal skirtingas dažymosi

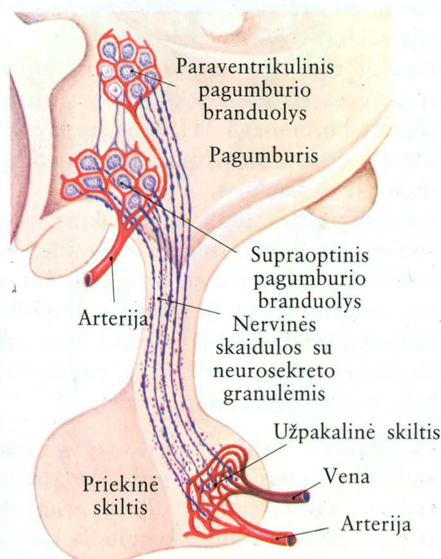
Vidaus sekrecija: neurohipofizė



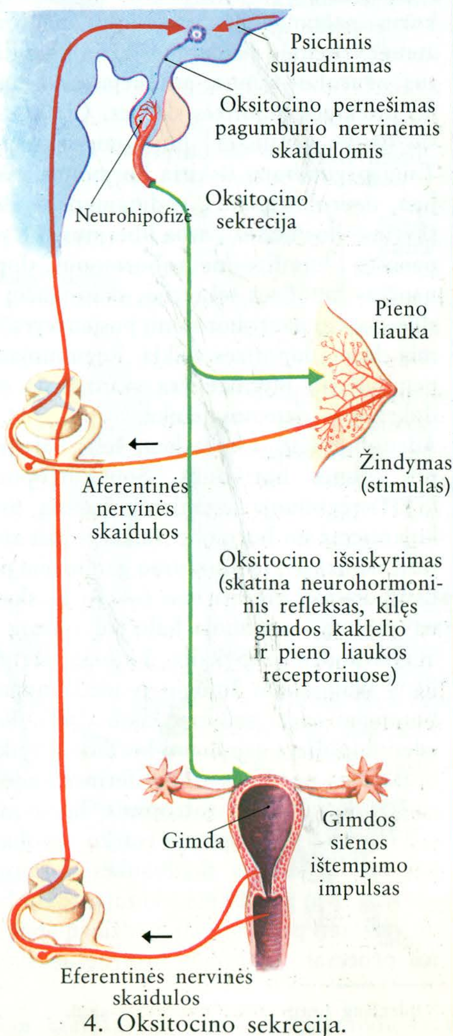
1. Endokrininės liaukos.



2. Trys hipofizės vystymosi stadijos.



3. Pagumburio ir neurohipofizės veikla.



4. Oksitocino sekrecija.

ypatybes adenohipofizės ląstelės skirstomos į acidofilines, bazofilines ir chromofobines. Nors jos glaudžiai susijusios su pagumburiu, šio organo nervinės skaidulos adenohipofizės tiesiogiai nepasiekia. Tačiau ji jungiasi su pagumburiu specifiškai išsidėsčiusiomis kraujagyslėmis: viršutinė hipofizės arterija sudaro du tarpusavyje susijungusių kapiliarų tinklus — vieną hipofizės stiebelyje ir viduriniame pakilime, kitą — apie liaukos ląsteles. Kai kurių pagumburio branduolių neuronų ataugos ateina į liauką ir išskiria į kapiliarus neurohormonus, atitekėjusius krauju iki priekinės hipofizės skilties. Čia vyksta šių liaukų gaminamų hormonų sekrecija. Taigi pagumburis išskiria hormonus, tiksliau, neurohormonus, vadinamuosius išsiskyrimo hormonus[1], arba liberinus. Jie yra panašūs į hipofizės neurohormonus, slopinančius hipofizės sekreciją; skatinančių ir slopinančių neurohormonų pusiausvyra lemia darnią hipofizės veiklą. Reguliuojama pagumburio hipofizė yra svarbiausia endokrininės sistemos liauka.

Adenohipofizė išskiria bent šešis baltyminės kilmės hormonus. Somatotropinas (STH) reguliuoja organizmo augimą. Stokojantiems šio hormono vaikams gali atsirasti nanizmas; jei hormono gaminama per daug, vystosi gigantizmas (→ 3). Jis skatina augimą, reguliuoja baltymų sintezę ir angliavandenių apykaitą. Nuo jo perteklIaus suaugusiam žmogui pradeda neproporcingai augti atskiros kūno dalys. Kiti adenohipofizės gaminami hormonai veikia organizmą per kitas — periferines endokrinines liaukas. Tirotropinis hormonas (TTH, arba tirotropinas) tvarko skydliaukės veiklą, skatina skydliaukės hormonų gamybą ir jų pernešimą į kraują; tokiu būdu veikiami pagrindiniai medžiagų apykaitos procesai. Trūkstant tirotropino skydliaukė atrofuojasi. Šio hormono gaminimasis hipofizėje priklauso dar ir nuo tiroksino kiekio kraujyje. Šie abu hormonai tarp savęs glaudžiai susiję ir tiesiogiai reguliuoja vienas kitą. Abipusės įtakos ir reguliacijos mechanizmas vyrauja tarp adenokortikotropinio hormono (AKTH) ir glikokortikoidų. Taip palaikoma funkcinė pusiausvyra tarp hipofizės ir antinksčių žievės. Šiuo atveju kortizolis, antinksčių žievės hormonas, slopina atitinkamo pagumburio hormono sekreciją.

Folikulus stimuliuojantis hormonas (FSH) ir juos liuteinizuojantis (LH) yra gonadotropinai, t. y. medžiagos, veikiančios lytines liaukas (gonadas). Pirmasis skatina kiaušidžių folikulų augimą ir spermatozoidų brendimą. Dėl antrojo poveikio folikulai plyšta, išlaisvindami kiaušinėlį. Hormonai veikia ir antrinių lytinių požymių formavimąsi būtent per endokrininį gonadų audinį. Folikulus stimuliuojantis ir juos liuteinizuojantis hormonai drauge skatina estrogenų sekreciją kiaušidžių folikuluose, tuo tarpu antrasis veikia androgenų sekreciją sėklidės intersticinėse ląstelėse.

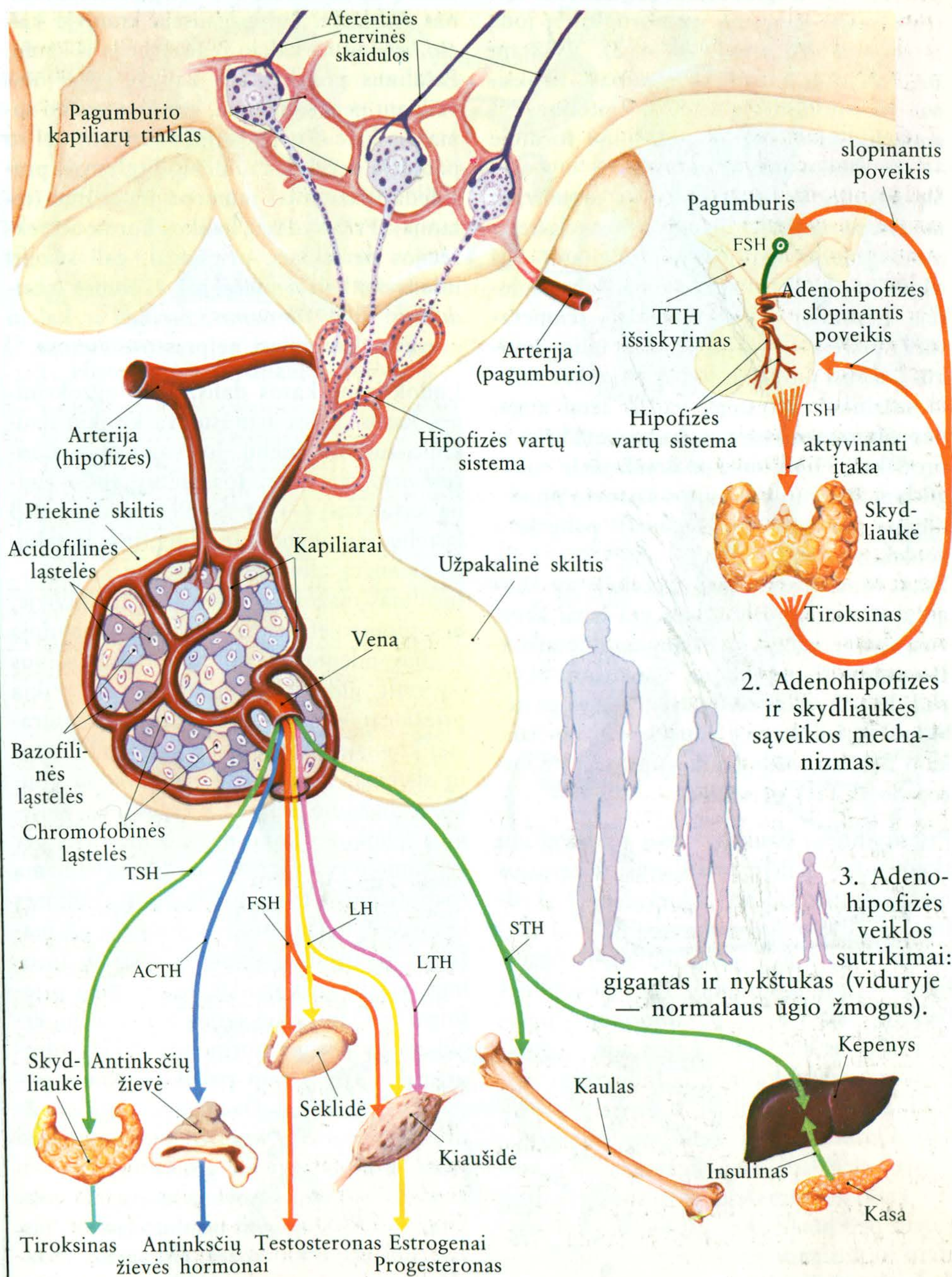
Kitas gonadotropinas, skatinantis progesterono sekreciją geltonkūnyje, yra liuteotropinis hormonas LTH, arba prolaktinas. Moters organizme jis veikia pieno gaminimąsi pieno liaukose.

Adenohipofizės funkciniai pakitimai, be augimo sutrikimų, sukelia ir kitokių, atsirandančių dėl sutrikusios tropinių hormonų pusiausvyros. Susilpnėjus hipofizės funkcijai atrofuojasi skydliaukė ir antinksčių žievė, sulėtėja oksidacija, pakinta riebalų ir angliavandenių apykaita.

Skydliaukė. Priekinėje kaklo srityje esanti apie 30 g masės liauka susideda iš dviejų skilčių, kurias jungia plona sąsmauka. Organą formuoja kubinio epitelio ląstelės, sudarančios folikulus, kurių ertmę užpildo koloidas (→ 1); jo sudėtyje yra daug

[1] releasing hormones (factors) — angl.

Vidaus sekrecija: adenohipofizė



2. Adenohipofizės ir skydliaukės sąveikos mechanizmas.

3. Adenohipofizės veiklos sutrikimai: gigantas ir nykštukas (viduryje — normalaus ūgio žmogus).

1. Pagumburio ir adenohipofizės ryšys; liaukos kraujagyslių tinklas ir hormonų veikla.

baltymo jodtiroglobulino. Skydliaukės ląstelės paima iš kraujo aminorūgštis ir jodą ir gamina tiroglobuliną (→ 2). Vykstant šio baltymo hidrolizei gaminasi tiroksinas ir trijodtironinas. Abu sintetinasi iš aminorūgšties tirozino (cheminė formulė → 3), prisijungdami jodą.

Skydliaukės hormonai skatina organizmo medžiagų apykaitą ir turi įtakos ląstelių morfogenezei bei audinių augimui. Susilpnėjus skydliaukės funkcijai labai sulėtėja medžiagų apykaita, žemėja temperatūra, mažėja arterinis kraujospūdis, žmogus jaučiasi pavargęs. Jei skydliaukės veikla sutrinka vaikystėje, vaikas lėtai auga, neproporcingai vystosi, kartais atsilieka ir protiškai. Hipofunkcija išryškėja ir suaugusiam žmogui: dėl limfos sąstovio poodiniame audinyje (*miksedema*) paburksta veidas, ypač vokai.

Esant hipertirozei labai pagreitėja medžiagų apykaita; tokie žmonės yra labai aktyvūs, mažai miega, nepastovios nuotaikos. Daugeliui ligonių būna iššokusios akys, padidėja skydliaukė (gūžys). Gūžys pastebimas ir kai kuriais hipotirozės atvejais, kaip neigiama skydliaukės reakcija į tirotropino (TTH) perteklių.

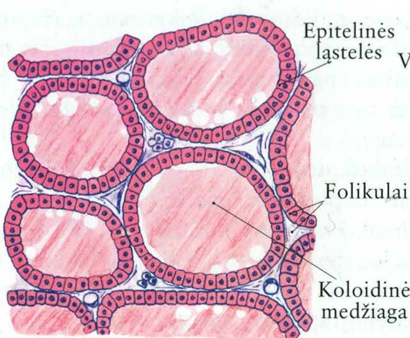
Prieskydinės liaukos. Prie užpakalinių skydliaukės skilčių prisišliejusios keturios mažos liaukutės, po 2 kiekvienoje skydliaukės pusėje. Jos sudarytos iš labai tankaus dviejų tipų — pagrindinių ir oksifilinių — ląstelių audinio. Tai prieskydinės liaukos, išskiriančios *parathormoną* (neseniai atrastas kitas, tireokalcitoninas, skydliaukės parafolikulinių ląstelių sekretas). Jų funkcija — išlaikyti kraujyje pastovią kalcio koncentraciją. Parathormonas reguliuoja kalcio apykaitą organizme. Kai kalcio kraujyje sumažėja, hormonas skatina kalcio perėjimą iš kaulų į kraują, kol atsistato jo pusiausvyra. Be to, hormonas padeda absorbuoti kalcį virškinimo kanale ir inkstų kanalėliuose (→ 4). Tireokalcitoninas išsiskiria, kai pagausėja kraujyje kalcio, ir slopina kalcio reabsorbciją iš kaulų. Pašalinus prieskydines liaukas arba joms veikiant nepakankamai, kraujyje greitai sumažėja kalcio ir padaugėja fosforo; dėl to padidėja nervų ir raumenų dirglumas, prasideda spazminiai raumenų traukuliai (tetanija). Prieskydinės liaukos hormono sekrecijos perteklius, priešingai, gali sukelti intensyvų kalcio mažėjimą kauluose (*skaidulinis*, arba *fibrozinis*, *oseitas*) ir kalcio nuosėdų kaupimąsi neįprastose vietose.

Endokrininė kasos dalis. Tarp egzokrininės kasos dalies acinusų yra kitokio liaukinio audinio salelių. Jos vadinamos *Langerhanso salelėmis*. Jos sudaro endokrininę kasos dalį (→ 5). Salelės susideda iš β ląstelių, gaminančių insuliną, ir α ląstelių, gaminančių gliukagoną.

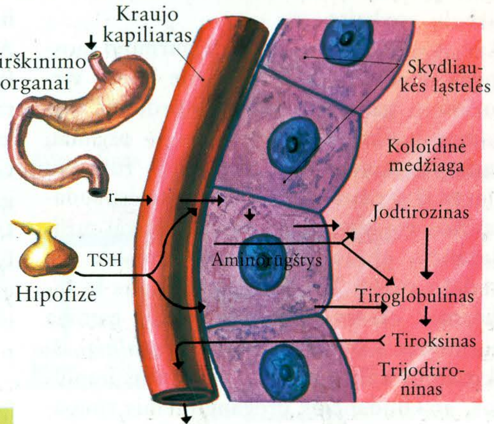
Insulinas mažina gliukozės kiekį kraujyje, nes tuomet efektyviau ląstelės sunaudoja angliavandenius (oksidacija) ir padeda juos paversti glikogenu. Gliukagonas veikia priešingai — didina gliukozės koncentraciją kraujyje, skatindamas kepenų fermentų sistemą, kuri glikogeną paverčia gliukoze. Insulino sekreciją reguliuoja glikemija (gliukozės koncentracija kraujyje) per grįžtamojo ryšio („feedback") mechanizmą (paprasčiausia forma): daugėjant gliukozės kraujyje daugiau išsiskiria insulino, jos mažėjant — insulino išsiskiria mažiau. Insulinas yra būtinas nuolat, nes slopina priešingai veikiantį gliukagoną bei kitus hiperglikemizuojančius hormonus (STH, adrenaliną ir kt.) ir taip palaiko cukraus pusiausvyrą kraujyje. Daugiausia insulino išsiskiria pagausėjus kraujyje medžiagų apykaitos produktų (ypač gliukozės).

Sutrikus insulino gamybai susergama cukriniu diabetu. Stingant insulino ląstelės negali pasisavinti gliukozės, glikogeno atsargos (kepenyse ir raumenyse) suvartojamos

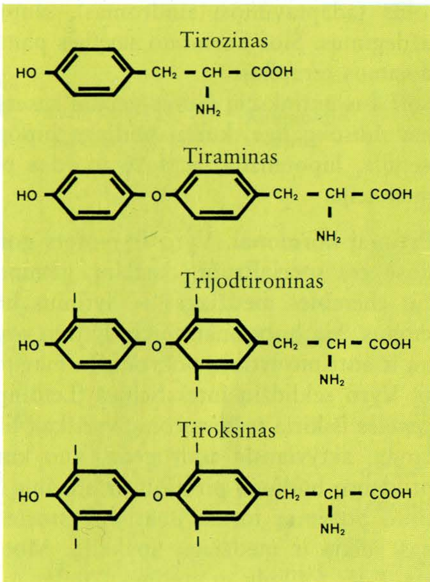
Skydliaukė, prieskydinės liaukos, kasos salelės



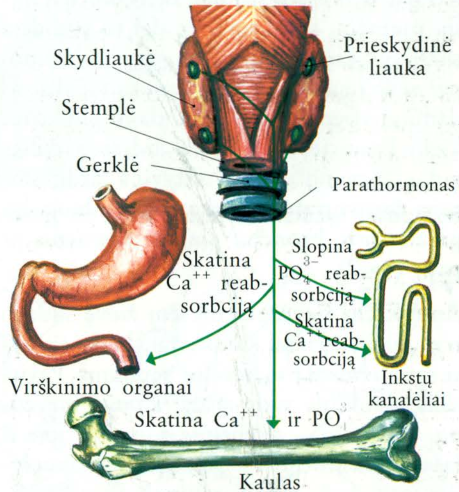
1. Histologinis skydliaukės pjūvis.



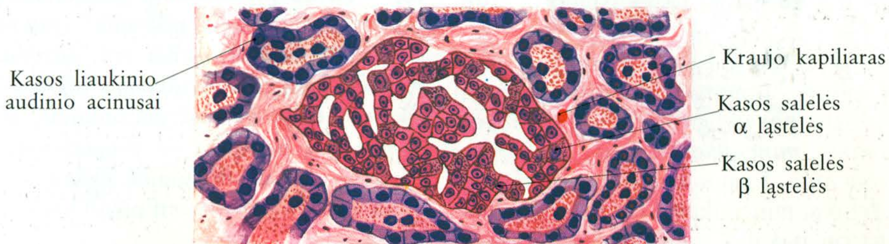
2. Tiroglobulino susidarymas skydliaukės ląstelėse.



3. Skydliaukės hormonų cheminė struktūra.



4. Prieskydinių liaukų veikla.



5. Kasos (Langerhanso) salelės (histologinis kasos pjūvis).

labai greitai, dėl to sutrinka baltymų bei riebalų apykaita.

Antinksčiai. Abipus stuburo, pirmojo juosmens slankstelio aukštyje, prie inksto viršutiniojo galo, yra porinė, nedidelė trikampė liauka. Tai antinksčiai — organai, sudaryti iš skirtingos kilmės ir funkcijų žievės ir šerdies sluoksnių. Ląstelės, sudarančios antinksčių šerdį, turi lengvai nusidažančių granulių. Chromo druskos jas nudažo rudai. Todėl šerdies ląstelės ir vadinamos *chromafininėmis*. Šerdis gamina hormonus *adrenaliną* ir *noradrenaliną*, išskiriamus kaip reakciją į nervinius impulsus, atsklindančius preganglinėmis simpatinėmis skaidulomis, kurios šią liauką inervuoja. Streso metu šerdies hormonai adrenalinas ir noradrenalinas aktyvina arteriolių raumenų susitraukimą, dėl to padidėja sistolinis kraujospūdis; be to, šie hormonai veikia angliavandenių apykaitą, skatindami glikogenolizę ir didindami gliukozės kiekį kraujyje, reguliuoja didesnės dalies vidaus organų veiklą: aktyvina širdį, slopina žarnyno peristaltiką, atpalaiduoja lyginamosios bronchų sienos raumenis ir pan. (→ 2).

Antinksčių žievė. Antinksčių žievę sudaro trys koncentriniai sluoksniai, kurie skiriasi savo išvaizda ir ląstelių sudėtimi. Paviršinis sluoksnis vadinamas *kamuoline zona*, vidurinis — *pluoštine zona*, kurioje iš ląstelių susiformuoja gan platūs kamuolėliai (arkados); paskutinysis sluoksnis vadinamas *tinkline zona*, kuri ribojasi su šerdimi ir suformuoja ląstelių pluoštų sistemą (→ 4).

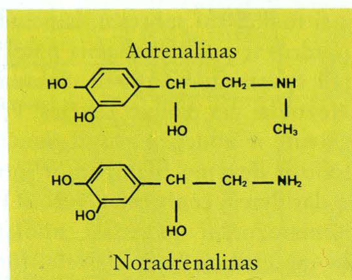
Antinksčių žievės ląstelės išskiria steroidinės kilmės hormonus (→ 3), kurie pagal fiziologinį poveikį grupuojami į *gliukokortikoidus*, *mineralkortikoidus* ir *lytinius kortikoidus*. Kamuolinė zona išskiria *aldosteroną*, mineralkortikoidą, reguliuojantį natrio ir kalio apykaitą. Šis hormonas skatina Na^+ reabsorbciją inkstų kanalėliuose ir didina K^+ išskyrimą su šlapimu. Aldosterono sekreciją daugiausiai tvarko renino-angiotenzino sistema (žr. p. 18); tam turi reikšmės ir AKTH bei K^+ kiekis kraujyje.

Gliukokortikoidai (*kortizonas*, *kortizolis*) gaminami pluoštinėje žievės zonoje ir pašalinami veikiant hipofizės AKTH. Jie veikia angliavandenių apykaitą, skatindami gliukozės sintezę (glikogenezė), aktyvina baltymų apykaitą, mažina riebalų sankaupas. Kortizolis (pagrindinis hormonas) turi įtakos apsauginėms organizmo reakcijoms (adaptavimosi sindromas), slopina uždegimus. Šios hormono savybės panaudojamos terapijoje.

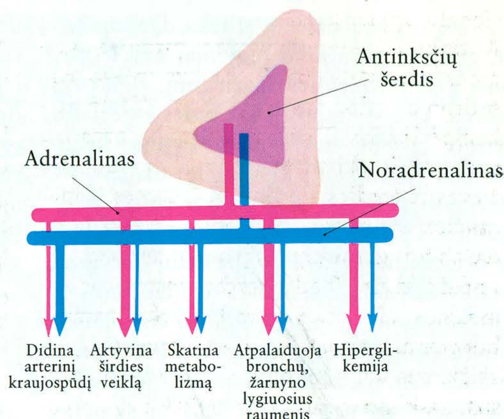
Sutrikus antinksčių žievės veiklai susergama *Adisono liga*, kuriai būdinga hipoglikemija, hipotenzija, acidozė ir odos pigmentacija.

Lytiniai hormonai. Vyro ir moters gonadose yra specializuotų ląstelių, gaminančių chemines medžiagas — lytinius hormonus. Šie hormonai veikia lytinių organų ir antrinių lytinių požymių formavimąsi. Vyro sėklidžių intersticinės (Leidingo) ląstelės išskiria testosteroną, vyriškąjį hormoną, aktyviausią androgeną, nuo kurio priklauso būdingų pirminių ir antrinių lytinių požymių formavimasis. Testosteronas veikia ir medžiagų apykaitą. Moters kiaušidės folikulų granulinės ląstelės mergaitei augant sintetina vieną iš estrogenų — *estradiolį*, kuris irgi skatina antrinių moteriškųjų lytinių požymių vystymąsi. Kiti natūralūs estrogenai yra *estronas* ir *estriolis*. Iškart po ovuliacijos plyšusio folikulo vietoje vystosi geltonkūnis, išskiriantis kitą hormoną — *progesteroną*: jo funkcija — paruošti gimdą priimti apvaisintą kiaušinėlį ir skatinti pieno liaukų laktaciją.

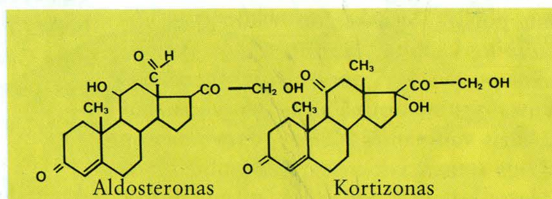
Antinksčių žievės ir lytiniai hormonai



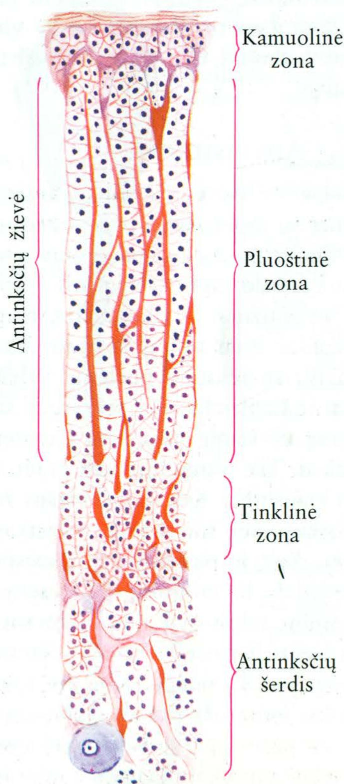
1. Antinksčių šerdies hormonų cheminė struktūra.



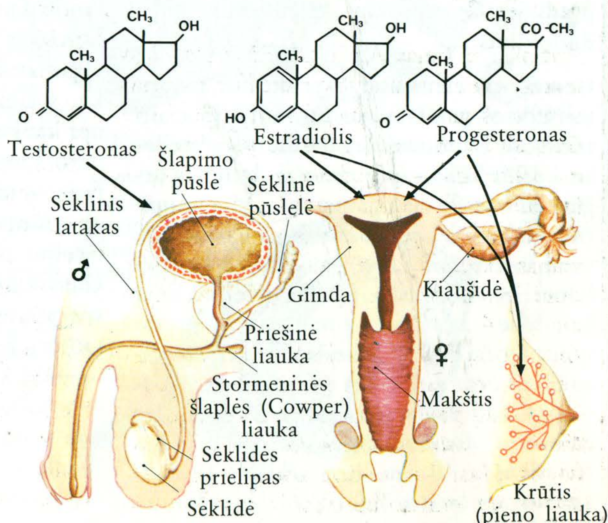
2. Adrenalino ir noradrenalino palyginamasis veikimas.



3. Antinksčių žievės hormonų cheminė struktūra.



4. Histologinis antinksčio pjūvis.



5. Lytinių liaukų hormonų poveikis kitiems lytiniams organams ir pieno liaukoms.

Lytinių organų sistema

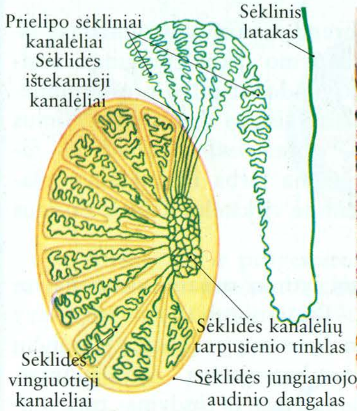
Lytinių organų sistema atlieka dauginimosi, giminės pratęsimo funkciją, kurią sąlygoja tos pačios rūšies organizmų, vieno vyriškos, kito — moteriškos lyties, specialių lytinių ląstelių susiliejimas. Lytinės ląstelės turi ypatingą (ir vienintelę) užduotį — išsaugoti rūšį, tai yra, palikti rūšies palikuonis. *Lytinės ląstelės*, arba *gametos*, tuo ir skiriasi nuo kitų kūno ląstelių (arba somatinių ląstelių), kadangi turi tik pusę jų chromosomų, t. y., haploidinį chromosomų skaičių. Prisiminkime, kad kiekvienos lytinės ląstelės branduolyje chromosomos išsidėsčiusios poromis ir kad jų skaičius pastovus kiekvienai gyvūnų ir augalų rūšiai (žmogaus organizme yra 23 chromosomų poros). Šis skaičius vadinamas *diploidiniu*, kadangi chromosomos išsidėsčiusios po dvi, t. y. poromis. Lytinėms ląstelėms bręstant redukcinio dalijimosi būdu, kuris vadinamas *mejoze*, chromosomų skaičius sumažėja perpus. Subrendusi lytinė ląstelė vietoj anksčiau turėtų poros chromosomų turi tik vieną, arba haploidinį chromosomų skaičių. Po *apvaisinimo* pradinis chromosomų skaičius vėl tampa diploidinis.

Gemaliniai elementai. Vyriškosios ir moteriškosios gametos susiformuoja specializuotuose lytiniuose organuose — *gonadose*, kurios laikomos pirminiais lytiniais organais. Vyriškosios gametos, t. y. **spermatozoidai** (→ 1, 2, 4), gaminasi vyriškų lytinių liaukų (*sėklidžių*) sėkliniuose kanalėliuose; sėklides sudaro daugybė sėklinių kanalėlių, kuriuose gaminasi ir bręsta spermatozoidai. Iš sėklidės mažyčiais kanalėliais lytinės ląstelės pernešamos į savito pavidalo *sėklidės prielipą*, kuriame jos galutinai subręsta. Nuo sėklidės prielipo tęsiasi apie 40 cm ilgio sėklinis latakas, kuriuo spermatozoidai pasiekia sėklinių pūslelių, esančių šalia priešinės liaukos, aplinką. Sėklinio latako gale spermatozoidai galutinai funkciškai subręsta, iš nejudrių tampa judrūs ir per ejakuliaciją patekę į gimdą gali apvaisinti kiaušinėlį. Subrendę spermatozoidai yra pailgos ląstelės, kurios turi galvutę ir uodegėlę, susidedančią iš ašinio siūlo ir devynių filamentų ir juos apvejančių dar dviejų centriolių. Vyro sėklidėse spermatozoidai gaminasi nuolat. Kiaušinėlis, moteriškoji lytinė ląstelė, formuojasi ląstelinės masės, sudarančios kiaušidės žievę, ertmėje, mažyčių sferinių pūslelių, vadinamų *Grafo folikulais*, viduje (→ 3). *Folikulo plyšimas* ir jo turinio išsiliejimas, vadinamas ovuliacija, vyksta periodiškai. Skirtingai nuo spermatogenezės, kuri vyksta nuolat, *ovogenezės* metu subręsta nedaug gametų (dažniausiai — viena). Ciklas kartojasi iš naujo tik pasibaigus pirmajam.

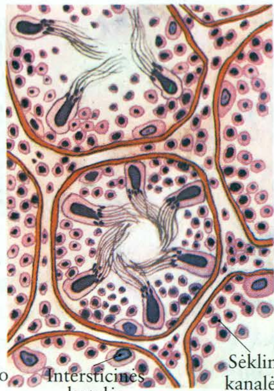
Apvaisinimas

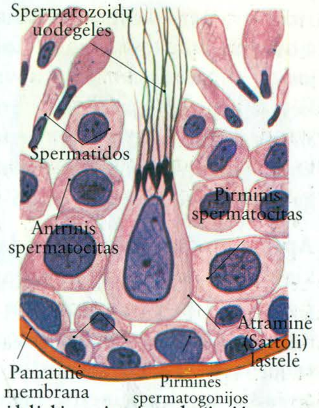
Apvaisinimas — tai vyriškosios gametos susijungimas su moteriškąja ir jų branduolių susiliejimas. Susiliejus gametoms atsiranda nauja ląstelė, *zigota*, iš kurios vystosi naujas organizmas. Ejakuliacijos metu spermatozoidai išmetami iš sėklinių latakų, susimaišo su sėklinių pūslelių, priešinės liaukos ir šlaplės liaukos sekretu ir sudaro spermą. Ši šlaple išmetama į moters lytinius takus. Tik tuomet jie gali judėti ir apvaisinti kiaušinėlį. Kiaušidėje plyšus folikului, išsilaisvinęs kiaušinėlis patenka į *kiaušintakį*, kur jį pasiekia ir apvaisina spermatozoidai. Iš milijonų per sueitį į moters lytinius takus ejakuliuotų spermatozoidų kiaušinėlį pasiekia tik keli šimtai, o apvaisina — tik vienas. Kitiems spermatozoidams kelią užkerta daugybė kiaušinėlio citoplazmos pasikeitimų, vykstančių įsiskverbus pirmajam. Tuoj po apvaisinimo kiaušinėlis pasidengia tam tikra apsaugine membrana. Į kiaušinėlio vidų

Gametogenezė, apvaisinimas, nėštumas, gimdymas

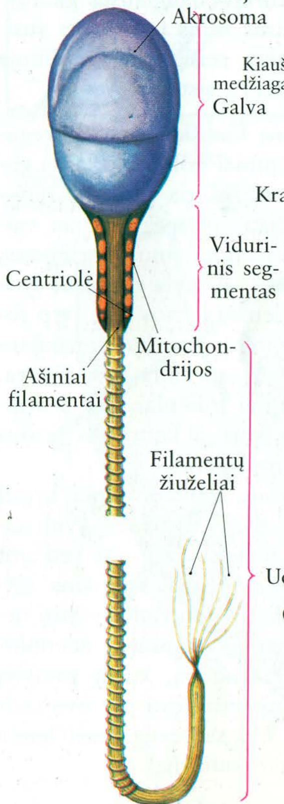


1. Sėklinių kanalėlių struktūra sėklidėje.

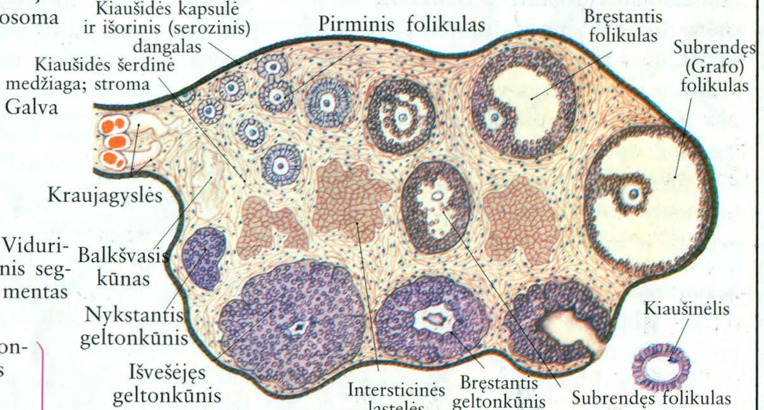




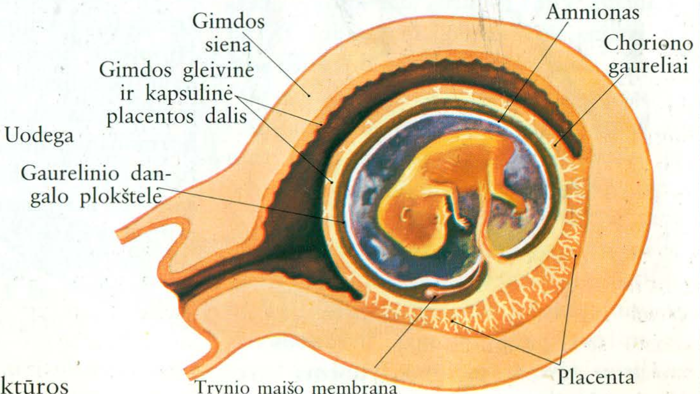
2. Kairėje: histologinis sėklidės pjūvis; dešinėje: kanalėlių spermatogeninio epitelio fragmentas.



4. Spermatozoido struktūros schema.



3. Kiaušidės struktūros schema.



5. Gimda nėštumo metu.

prasiskverbia tik spermatozoido galva, kurioje yra branduolys (svarbiausia vyriškosios lytinės ląstelės dalis); uodega atrofuojasi ir absorbuojama. Po apvaisinimo susilieja abiejų lytinių ląstelių branduoliai, atsiranda kokybiškai nauja ląstelė — *zigota*, kuri turi diploidinį chromosomų rinkinį ir gali lemti naujo organizmo formavimąsi.

Apvaisinto kiaušinėlio raida. Apvaisintas kiaušinėlis kiaušintakiu tęsia savo kelionę į gimdą. Į ją patekęs jis jau būna pasidalijęs keturis kartus ir susideda iš 16 skirtingų ląstelių — *blastocistos*. Keletą dienų apvaisintas kiaušinėlis laisvai plaukioja gimdos ertmėje, maitindamasis tam tikrų gimdos liaukų sekretų produktais, kol prasiskverbia per gimdos epitelį į vieną gausių gimdos gleivinės, arba *endometriumo*, raukšlių ir įsitvirtina vidinėje endometriumo sienoje. Išorinių blastocistos ląstelių (*trofoblastų*) ir gimdos audinių sąlyčio vietoje formuojasi *placenta*, per kurią nėštumo metu vyksta medžiagų apykaita tarp gemalo ir motinos (p. 87 → 5).

Nėštumas. Įsitvirtinęs gimdoje kiaušinėlis toliau dalijasi ir dauginasi. Tam tikru šio nuolatinio dalijimosi proceso metu ląstelės pradeda diferencijuotis, t. y. įgyja skirtingas formas ir funkcijas: vienos formuos griaučius, kitos — širdį, dar kitos — nervų sistemą, virškinamąjį aparatą ir t. t. Tad ląstelių dauginimasis ir jų diferenciacija vyksta pagal numatytą vaisiaus raidos planą, kuris nustato atskirų organų užuomazgą, vystymąsi ir jų vietą naujo organizmo struktūroje. Chromosomose yra daugybė *genų*, kurių kiekvienas turi plačią genetinę informaciją. Todėl visų ląstelių (kartu ir struktūrų) vystymąsi ir funkcijas lemia *genetinis paveldimumas*. Genetinis būsimo organizmo paveldimumas perduodamas susiliejus tėvo ir motinos lytinėms ląstelėms ir jų chromosomoms.

Gimdymas

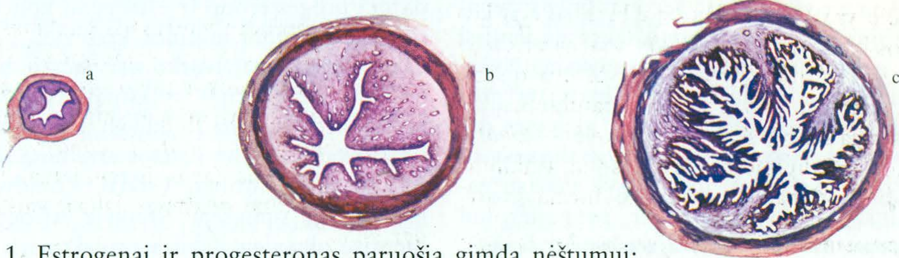
Visiškai subrendęs vaisius išstumiamas išorėn per gimdymo takus energingai susitraukinėjant gimdos ir pilvo preso raumenims ir plyšus vaisiaus dangalams. Gimus naujagimiui, vyksta *antroji gimdymo fazė* — išstumiama (arba ištraukiama) placenta, placentinė virkštelės dalis ir vaisiaus dangalai.

Endokrininis lytinių organų sistemos reguliavimas. Dauginimasis yra tarpusavy susijusių sinchroninių procesų, vykstančių tam tikra tvarka, visuma. Apvaisinimas, nėštumas, gimdymas ir žindymas turi vykti nuosekliai ir nustatytu laiku, kad gimsiantis kūdikis turėtų daugiausia galimybių išgyventi. Visus šiuos tarp savęs susijusius fiziologinius reiškinius reguliuoja endokrininė ir nervų sistema.

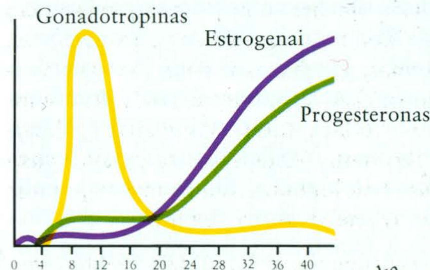
Moters organizme kiaušidžių veiklą reguliuoja gonadotropiniai hormonai, arba gonadotropinas, kurį išskiria priekinė hipofizės skiltis. Tačiau žinoma, kad jau vaikystėje hipofizė gamina šiuos hormonus; be to, įrodyta, kad jau tada žmogaus lytinės liaukos yra jiems jautrios. Kai tarp folikulus skatinančio ir juos liuteinizuojančio hormono įsigali tam tikra pusiausvyra, ima bręsti pirminiai folikulai. Tai atsitinka apie dvyliktuosius ar keturioliktuosius žmogaus gyvenimo metus.
Hipofizės hormonų veikiami ima bręsti daugelis folikulų, bet kas mėnesį ovuliacijos sulaukia tik vienas. Taip pat veikiant hormonams folikulų ląstelės gamina estrogenus, kurie skatina antrinių lytinių organų formavimąsi ir reguliuoja adenohipofizės veiklą. Estrogenų, kurių gamybą skatina FSH, daugiausia esti per ovuliaciją. Jie aktyvina LH sekreciją, kuri lemia folikulo plyšimą (ovuliaciją).

Išėjus kiaušinėliui, kiaušidėje suirusio folikulo vietoje formuojasi *geltonkūnis*, kuris

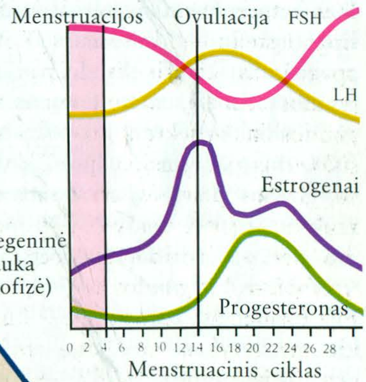
Humoralinė lytinių funkcijų reguliacija



1. Estrogenai ir progesteronas paruošia gimdą nėštumui:
a) nesubrendusi gimda; b) gimdos audinių struktūra veikiant estrogenams;
c) gimdos audinių struktūra veikiant estrogenams ir progesteronui.



2. Hormonų kiekis nėštumo laikotarpiu.



3. Hormonų kiekis menstruacinio ciklo laikotarpiu.

Pagumburis
Pasmegeninė liauka (hipofizė)
Pieno liauka
Kiaušidė
Gimdos gleivinė
Vaikystė
Lytinis brendimas
Menstruacijos
FSH
LH
LTH
Pirminis folikulas
augantis
subrendęs
Ovuliacija
Geltonkūnis
Nykstantis geltonkūnis
Estrogenai
Estrogenai
Progesteronas
Gimdos gleivinės išvešėjimo fazė
LYTINĖ BRANDA
14-ta diena
Gimdos gleivinės sekrecijos fazė
Menstruacijos 28-ta diena

4. Folikulo evoliucija ir gimdos gleivinės kitimai per menstruacinį ciklą.

funkcionuoja kaip endokrininė liauka ir išskiria progesteroną. Jei kiaušinėlis neapvaisinamas, šio hormono sekrecija liaujasi ir geltonkūnis palengva sunyksta. Nykstant geltonkūniui ir dėl to mažėjant progesterono, išvešėjusi gimdos gleivinės dalis atrofuojasi, atplyšta ir pašalinama su krauju (*menstruacijos*). Tąsyk mažiau gaminantis estrogenams ir progesteronui (menstruacinio ciklo liuteininėje fazėje), suaktyvėja hipofizės veikla, ir ciklas prasideda iš naujo (p. 89 → 3 ir 4). Jei kiaušinėlis apvaisinamas, geltonkūnis auga toliau (nėštuminis geltonkūnis) ir gamina progesteroną, kuris stabdo naujų folikulų brendimą, užtikrina tolesnę nėštumo raidą, o oksitocinas veikia gimdos raumenis. Apie trečią nėštumo mėnesį, kada geltonkūnis ima nykti, progesteroną ir kitus hormonus, palaikančius normalią vaisiaus raidą, išskiria ir pakankamai išsivysčiusi placenta (p. 89 → 1). Gimdymą sukelia oksitocino poveikis gimdai kartu su relaksinu, hormonu (išskiriamu placentos), kurio funkcija — atpalaiduoti gimdos kaklelio raumenis. Šis procesas, matyt, prasideda dėl progesterono ir estrogenų koncentracijos pakitimų motinos kraujyje.

Laktaciją taip pat tvarko nervinės ir hormoninės reguliacijos veiksniai. Nėštumo metu estronas (arba folikulas) ir progesteronas skatina pieno liaukos alveolinę skiltį pasirengti būsimai veiklai. Gimdymo metu staiga sumažėjus kraujyje estrogenų hipofizė aktyviau išskiria prolaktiną.

Vyro lytinės sistemos funkcionavime minėto cikliškumo nėra. Šiuo atveju pasirengimas dauginimuisi priklauso nuo amžiaus ir lyties. Hipofizė skatina testosterono sekreciją: testosteronas lytinio brendimo periodu veikia ir antrinių lytinių požymių formavimąsi, o vėliau lemia ir vyro lytines funkcijas (potenciją, libido ir pan.). Folikulus stimuliuojantis hormonas aktyvina sėklinių kanalėlių veiklą, nors spermatogenezė neįmanoma be hormono, skatinančio intersticines sėklidės ląsteles. Galutinę spermatozoidų diferenciaciją sąlygoja androgeniniai hormonai.

Žodynėlis

Antigenai — tai bet kokios genetiškai svetimos organizmui medžiagos, kurios, patekusios į jį, sukelia imunines reakcijas (gr. *anti*... — priešingybės priešdėlis; *gennaō* — kurti, gaminti). Jie indukuoja antikūnų sintezę, sukelia kitas imunines reakcijas. Dauguma gamtoje randamų antigenų (svetimos ląstelės, bakterijos, virusai ir kt.) yra labai sudėtingos ir didelės molekulinės masės medžiagos.

Aplinka — žmogaus gyvenimo sąlygos. Nors savarankiškai funkcionuojantis žmogaus organizmas egzistuoja tik nuolatinio ryšio su aplinka sąlygomis, tarp jų vyksta nuolatinė medžiagų ir energijos apykaita, organizmas asimiliuoja aplinkos elementus ir išskiria į ją savo disimiliacijos produktus. Kintant aplinkos sąlygoms (temperatūrai, apšvietimui ir kt.), žmogus turi nuolat prisitaikyti (adaptacija).

Apvaisinimas vyksta susiliejant vyriškajai ir moteriškajai lytinėms ląstelėms (gametoms), susijungiant jų branduoliams ir atsirandant kokybiškai naujai ląstelei — zigotai (gr. *zygōtē* — sujungta į porą), turinčiai dvigubą chromosomų rinkinį. Zigotos susidarymu baigiasi apvaisinimas ir prasideda embriono vystymasis.

DNR (dezoksiribonukleino rūgštis) — svarbiausia biomolekulė, nukleino rūgštis, esanti kiekvienos gyvos ląstelės branduolyje, kurioje užkoduota genetinė informacija, perduodama dalijimosi metu naujoms ląstelėms. Ją sudaro dvi spirale susisukusios grandinės. Atskiros DNR sritys sąlygoja skirtingų baltymų sintezę, o viena DNR sritis dalyvauja kelių dešimčių baltymų sintezėje. Viena DNR sritis, lemianti vienos baltymo molekulės sintezę, vadinama genu. Susideda iš dezoksiribonukleotidų, turinčių azotines bazes adeniną, guaniną, timiną ir citoziną.

Evoliucija — kryptinga gyvosios gamtos istorinė raida (lot. *evolutio* — išvyniojimas, išsirutuliojimas). Šiame procese organizmo ląstelės specializuojasi, organai ir organizmas nuolat kinta ir darosi vis sudėtingesni, įveikdami nepalankias aplinkos sąlygas. Tai yra mokslas apie organinio pasaulio atsiradimą ir jo išsivystymą, kurį lemia aplinka, paveldėjimas, kintamumas, prisitaikymas, natūrali atranka ir kt.

Genetika — mokslas, nagrinėjantis paveldimumo ir kintamumo, arba organinio pasaulio evoliucijos bruožus. Paveldimumas yra gyvo organizmo savybė perduoti kitai kartai savo požymius ir vystymosi ypatybes, nors tarp tos pačios rūšies individų atsiranda individualių skirtumų (dėl pakitusių paveldimųjų organizmo savybių, išorinių sąlygų ir kt.). Dauginantis lytiniu būdu lytinės ląstelės (gametos) per chromosomas perduoda naujam organizmui paveldimus tėvų požymius..

Genetinis kodas. Genas — organizmų paveldimumo vienetas, esantis tam tikroje chromosomos vietoje. Tai yra DNR struktūrinis fragmentas, koduojantis polipeptidų grandinėje esančias aminorūgštis. Genai turi kodą, perduodantį informaciją į ląstelės dalis, kurios gamina baltymus. Vieną aminorūgštį koduoja geno kodonai (tripletai).

Hormonai — baltyminis arba lipidinis sekretas, kurį išskiria belatakės liaukos į kraują ir audinių skystį. Reguliuoja svarbiausias organizmo funkcijas — augimo, reprodukcijos, kraujospūdžio palaikymo ir kt., aktyvina arba slopina fermentinius procesus. Veikia kartu su nervų sistema (neurohumoralinė reguliacija).

Ląstelė — visų gyvų organizmų struktūrinis ir funkcinis vienetas, jų formavimosi ir gyvybinės veiklos pagrindas. Beveik visų organų ląstelės nuolat atsinaujina. Ląstelės paviršių dengia aktyvi membrana (citolema), o viduje yra gyvoji ląstelės medžiaga — vandeningas gelis — protoplazma ir branduolys. Kiekviena ląstelė gali sintetinti baltymus. Šis paveldimas gebėjimas yra viena svarbiausių ir būdingiausių jos savybių

Medžiagų apykaita, arba **metabolizmas** (gr. *metabole* — kitimas), yra cheminių reakcijų, vykstančių gyvame organizme, visuma. Tai lemia gyvybę. Organizmas iš aplinkos ima maisto medžiagas, jas skaido, panaudoja, o nereikalingas medžiagas šalina. Energija, atsipalaidavusi organizme skylant maisto medžiagoms, panaudojama ląstelių komponentų sintezei, raumenų susitraukimams ir kt. Šį procesą reguliuoja fermentai.

Molekulė — mažiausia materijos masės dalelė; atomų sankaupa, sudaranti mažiausią medžiagos dalelę, turinčią esmines tos medžiagos chemines savybes.

Neuronas — nervinė ląstelė, struktūrinis ir funkcinis nervinio audinio vienetas; labai specializuotos ląstelės, kurios jau tik ką gimusiame organizme negeba daugintis. Susideda iš kūno ir ataugų — dendritų ir vieno aksono, kuriuo impulsai plinta nuo ląstelės kūno į kitą neuroną arba perduoda impulsą organams, raumenims. Dendritais (vienu ar keliais) impulsas plinta į neurono kūną.

Organizmas — darni ląstelių, audinių, organų ir jų sistemų visuma, užtikrinanti optimalią gyvos materijos gyvybinę veiklą ir prisitaikanti prie kintančių aplinkos sąlygų. Jame nuolat vyksta medžiagų apykaita, ląstelių atsinaujinimo procesai, užtikrinamas rūšies tęstinumas.

pH — simbolinė išraiška; sąvoka, naudojama tirpalų terpei apibūdinti, siejama su vandenilio jonų koncentracija. Parodo, ar tirpalas yra rūgštus, ar šarminis. Parodymai nuo 0 iki 7 reiškia rūgščią terpę, 7,0 — neutralią, o 7—14 — šarminę. Vykstant cheminėms reakcijoms gyvame organizme pH mažai kinta.

Receptoriai — juntamųjų nervinių ląstelių, dendritų, galiniai išsišakojimai. Čia tam tikrų dirgiklių energija paverčiama nerviniu impulsu, kuris perduodamas į centrinę nervų sistemą. Dauguma receptorių reaguoja tik į tam tikrą dirgiklį, kai kurie skiria to paties dirgiklio intensyvumą.

Slenkstinis dirginimas — silpniausias dirginimas, kuris sukelia minimalų atsaką. Priešslenkstinis dirginimas atsako nesukelia, nors kelis kartus pakartotas gali jį sužadinti. Todėl organizmo reakcija kyla tik veikiant tam tikro intensyvumo dirginimui.

Terminų rodyklė

ILIUSTRUOTAS [redacted]

Dar šios serijos leidžiama:

ANATOMIJA. ŽMOGUS

ZOOLOGIJA. BESTUBURIAI

ZOOLOGIJA. STUBURINIAI

BOTANIKA

CHEMIJA

FIZIKA

ASTRONOMIJA

ISBN 5-430-02715-4